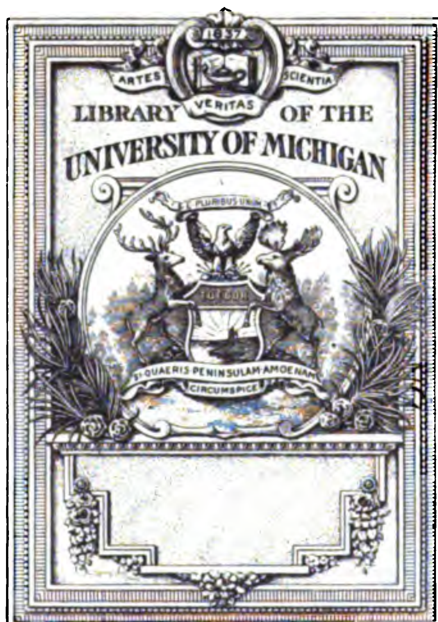



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les **Annales des Mines** sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des **Annales des Mines** pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les **Annales des Mines** doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. l'Ingénieur, secrétaire de la Commission des* **Annales des Mines**, 60, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des **Annales des Mines** a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE ARNOUS DE RIVIÈRE ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SEPTIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME IX.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES,

Quai des Augustins, n° 49

1876

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1876.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

Annales de l'Observatoire de Paris, publiées par U. J. Le Verrier, directeur de l'Observatoire. Mémoires. T. XII. In-4°, XII-630 p. (5705)

APPELL. Sur les propriétés des cubiques gauches et le mouvement hélicoïdal d'un corps solide; par M. P. Appell, élève à l'École normale supérieure. In-4°, 35 p. (6007)

2° *Chimie. — Physique.*

BARBIER. Études sur le fluorène et les carbures pyrogénés; par M. Philippe Barbier, chef des travaux chimiques au Collége de France. In-4°, 67 p. (3870)

BERTHELOT. La Synthèse chimique; par M. Berthelot, professeur au Collége de France. In-8°, VIII-294 p. (2800)

REYNOSO. De l'alimentation inorganique de l'homme et des animaux; par Alvaro Reynoso. 1er fascicule. In-8°, 95 p. (1186)

WURTZ. Dictionnaire de chimie pure et appliquée; par Ad. Wurtz, membre de l'Institut. 19e à 21e fascicules. In-8° à 2 col., 1537-1696 p. du t. II. Chaque fascicule, 3 fr. 50 c. (3220)

3° *Géologie, minéralogie, métallurgie.*

Annales de la Société géologique du Nord. T. II. 1874-1875. In-8°, 236 p. Lille. (922)

BLEICHER. Recherches sur le terrain supérieur des environs d'Oran; par le docteur Bleicher. In-8°, 10 p. (2978)

BOURGUET. Brûlure par le grisou et accidents produits par son explosion dans les mines de houille; par le docteur Bourguet. In-8°, 29 p. (2981)

BOURGUIGNAT. Recherches sur les ossements de Canidæ constatés en France, à l'état fossile, pendant la période quaternaire; par J. R. Bourguignat. In-4°, 66 p. et 3 pl. (1934)

DUMAS. Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du département du Gard. Ouvrage accompagné de pl. et d'une carte géologique en cinq grandes feuilles, à l'échelle de 1/80.000; par Émilien Dumas, membre de la Société géologique de France. 1re partie. In-8°, 284 p. (489)

PÉROCHE. Esquisses géologiques. Les Mers dans le département de la Meuse. Des dépôts d'alluvion et de l'état glaciaire; par Jules Péroche. In-8°, 32 p. (2102)

ROUVILLE (De). Introduction à la description géologique du département de l'Hérault; par Paul de Rouville, professeur de minéralogie et de géologie à la Faculté des sciences de Montpellier. 2e *édition*. In-8°, 222 p. et 10 pl. 10 fr. (4568)

VIOLLET-LE-DUC. Le Massif du mont Blanc, étude sur sa constitution géodésique et géologique, sur ses transformations et sur l'état ancien et moderne de ses glaciers; par E. Viollet-le-Duc. Avec 112 fig. dans le texte. In-8°, XVI-280 p. (6323)

4° *Mécanique. — Exploitation. — Droit des mines.*

BIOT. De la propriété des mines et de ses rapports avec la propriété superficiaire; par Louis-Hippolyte Biot. In-8°, VII-310 p. (2976)

COLLIGNON. Traité de mécanique; par Édouard Collignon, ingénieur des ponts et chaussées. 4e partie. Dynamique. Livres V, VI et VII, compléments. In-8°, 652 p. 7 fr. 50 c. (3915)

HARANT. Théorie des aubes courbes et de leurs effets; par A. Harant, chef de section au chemin de fer du Nord. In-8°, IX-164 p. Paris. (5021)

HIRN. Les Pandynamomètres; par G. A. Hirn. Théorie et application. In-12, 48 p. et 2 pl. Paris. (4725)

LAUR. Révision de la législation des mines, documents officiels et privés pour servir à la discussion des propositions de modifications à la loi du 21 avril 1810; par Francis Laur, ingénieur civil des mines. In 8°, 283 p. et 6 tableaux. (1523)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

COENE (De). Les Chemins de fer en Angleterre. Construction et exploitation des gares à marchandises dans les grandes villes; par J. de Coene, ingénieur. In-4°, 72 p. et 8 pl. (4209)

FORTIN-HERMANN. Recherches et études sur l'adhérence des locomotives sur routes ordinaires; par A. Fortin-Hermann et coopérateurs. In-f°, 21 pages. Paris, autog. Desnos (19 février). (2007)

LEFORT. Ponts métalliques. Sur les bases des calculs de stabilité; par F. Lefort, inspecteur général des ponts et chaussées. In-4°, 54 p. et 4 pl. (3763)

6° *Sujets divers.*

SALIN. Manuel pratique des poseurs de voies de chemins de fer; par Henri Salin, chef de section au chemin de fer d'Orléans. In-18 jésus, XII-203 p. et pl. (1862)

Annuaire des charbonnages et de toutes les industries minérales de la France et de l'étranger. In-18 jésus, 294 p. et 2 cartes. 5 fr. (9 mars.) (2778)

Annuaire du département du Gard pour l'année 1876. 56e année. In-12, XLVIII-1043 p. 4 fr. (2779)

Annuaire du bâtiment, des travaux publics et des arts industriels; par Sageret. 46e année (1876). In-8°, XL-1496 p. 5 fr. 50 c. (17 février). (1893)

Annuaire du ministère des travaux publics pour l'année 1876. In-8°, 473 p. (4931)

ARMBRUSTER. Cours de tissage professé à l'École industrielle de Flers (Orne); par Alphonse Armbruster, directeur de l'École. In-4°, 135 p. (2208)

BOUCHON-BRANDELY. Traité de pisciculture pratique et d'aquiculture en France et dans les pays voisins; par G. Bouchon-Brandely, secrétaire du Collége de France. Avec une préface de

M. Michel Chevalier, professeur d'économie politique au Collége de France. In-8°, XXIII-472 p. 18 fr. (3658)

BRETON. Étude d'un système général de défense contre les torrents; par M. Philippe Breton, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-4°, VIII-233 p. et 10 pl. (723)

FIGUIER. L'année scientifique et industrielle; par Louis Figuier. 19e année (1875). In-18 jésus, 516 p. et grav. 3 fr. 50 c. (2004)

HEUZÉ. Manuels-Roret. Nouveau manuel complet des constructions agricoles; par M. Gustave Heuzé, inspecteur général de l'agriculture. In-18, XII-416 p. et atlas gr. in-8° de 16 pl. 7 fr. (4479)

HAUSSER. L'Industrie huîtrière dans le Morbihan. Rapport dressé au nom de la commission du concours de Vannes; par E. A. Hausser, ingénieur des ponts et chaussées. Avec vignettes et 5 pl. In-18 jésus, 156 p. (2032)

LIÉBERT. La Photographie au charbon mise à la portée de tous; par A. Liébert, auteur de la Photographie en Amérique. 1re *édition*. In-12, 183 p. et pl.

PETTIGREW. La locomotion chez les animaux, ou marche, natation et vol, suivie d'une dissertation sur l'aéronautique; par J. Bell Pettigrew, professeur au collége royal des chirurgiens d'Édimbourg. Ouvrage illustré de 131 grav. sur bois. In-8°, 366 p. 6 fr. (2920)

POIRÉ. La France industrielle, ou Description des industries françaises; par Paul Poiré, professeur au lycée Fontanes. Ouvrage contenant 422 grav. Gr. in-8°, XI-708 p. 10 fr. (310)

OUVRAGES ANGLAIS.

LARDNER. *The steam Engine...* La machine à vapeur.

BRISTOW. *Table of British...* Tableau des couches sédimentaires fossilifères d'Angleterre.

COOKE. *The new Chemistry...* La chimie nouvelle.

SHARP. *Rudiments of Geology...* Éléments de géologie.

HOPKINSON. *Engineer's practical Guide...* Guide pratique de l'ingénieur; travail de la machine à vapeur expliqué par l'emploi de l'indicateur.

BURGH. *Pocket Book of Practical Rules...* Manuel des règles pra-

tiques pour les dimensions à donner aux machines et aux chaudières à vapeur destinées à servir sur terre ou sur mer. 5[e] édition.

COLLINS. *Principles of Coal Mining...* Principes de l'exploitation de la houille.

MARTEN. *Records of Steam Boiler Explosions...* Statistique des explosions de chaudières à vapeur.

RANKINE. *A Manual of applied Mechanics...* Manuel de mécanique appliquée.

Parliamentary. Railways... Rapport sur les accidents de chemins de fer pour juillet-septembre 1875.

BRUSH. *Manual of Determinative Mineralogy.* Manuel pour les déterminations minéralogiques. 2[e] édition.

British Manufacturing Industries... Industries manufacturières d'Angleterre. Édité par *Phillips Bevan.* Fer et acier, par *Matthew Williams.* Cuivre, par *Arthur Phillips.* Étain et zinc, par *Walter Graham.* Mines métalliques et houillères, par *Warrington Smyth.* Houille, par *A. Galletly.* Pierres de construction, par le professeur *Hull.* Composés explosibles, par *Matthew Williams.*

NAPIER. *A Manual of Electro-Metallurgy.* Manuel d'électro-métallurgie.

Mineral statistics... Statistique de l'industrie minérale pour 1874.

LYELL. *Principles of Geology...* Principes de géologie. 12[e] édition.

DITTMAR. *A Manual...* Manuel d'analyse chimique qualitative.

PROCTER. *Notes on the practical Chemistry...* Notes sur la chimie pratique des éléments non métalliques et de leurs composés.

STEWART. *An elementary Treatise...* Traité élémentaire de la chaleur.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

Report of Geological survey of Ohio... Rapport du Geological Survey de l'Ohio. Géologie et paléontologie. Columbus.

OUVRAGES ALLEMANDS.

CLEBSCH. *Vorlesungen...* Leçons de géométrie, 1er volume. Leipzig.
FUCHS. *Vulkane und Erdbeben...* Volcans et tremblements de terre. Leipzig.
KLEIN. *Einleitung...* Guide pour la mesure des cristaux. Stuttgart.
KRUSE. *Elemente der Geometrie...* Éléments de géométrie, 1re partie. Géométrie plane. Berlin.
NEUMANN. *Vorlesungen...* Leçons sur la théorie mécanique de la chaleur. Leipzig.
RIEMANN. *Schwere, Elektricität...* Pesanteur, électricité et magnétisme. Hanovre.
SUTER. *Geschichte...* Histoire des mathématiques. 2e partie. Du commencement du XVIIe à la fin du XVIIIe siècle. Zürich.
VIERORDT. *Die quantitative Spectralanalyse...* L'analyse spectrale quantitative. Tubingue.
V. WALTENHOFEN. *Grundriss...* Éléments de physique mécanique générale. Leipzig.
EHRENBERG. *Fortsetzung der mikrogeologischen...* Suite d'études de géologie micrographique. Berlin.
GROTH. *Physikalische Krystallographie...* Cristallographie physique. Leipzig.
MARTINI et CHEMNITZ. *Systematisches Conchylien-Cabinet...* Collection systématique de coquilles, publiée et complétée par *H. Küster*, avec le concours de Philippi, L. Pfeiffer, Dunker et E. Römer, livraisons 241-245.
RÜHLMANN. *Handbuch der mechanischen...* Manuel de la théorie mécanique de la chaleur. Livraisons 2 et 3. Brunswick.
SANDBERGER. *Die Land und Süsswasser-Conchylien...* Les coquilles terrestres et d'eau douce du monde primitif. Wiesbaden.
SCHLEIDEN. *Das Salz...* Le sel, esquisse monographique. Leipzig.
ZECH. *Das Spektrum...* Le spectre et l'analyse spectrale. Munich.
BENRATH. *Die Glasfabrikation...* La fabrication du verre. Brunswick.
FALB. *Gedanken und Studien...* Réflexions et études sur le volcanisme, particulièrement au sujet du tremblement de terre de Bellune du 29 juin 1873, et de l'éruption du Vésuve du 29 août 1874. Gratz.

Feistmantel. *Die Versteinerungen...* Les fossiles des couches carbonifères de Bohême. Livraisons 4-7. Cassel.

Fischer. *Nephrit und Jadeit...* La néphrite et la jadéite, d'après leurs propriétés minéralogiques. Stuttgart.

O. Heer. *Flora fossilis Helvetiæ...* Flore fossile de la Suisse, 1re livraison. Flore houillère. Zürich.

Al. Mitscherlich. *Chemische Abhandlungen...* Mémoires de chimie; analyse élémentaire au moyen de l'oxyde de mercure. Berlin.

Mojsisovics von mojsvar. *Das Gebirge um Hallstatt...* Formations des environs de Hallstatt, étude géologique et paléontologique sur les Alpes, 1re partie. Faune de mollusques des couches de Zlambach et de Hallstatt. Vienne.

Neumayr et C. M. Paul. *Die Congerien- und Paludinenschichten...* Les couches à Congéries et à Paludines de l'Esclavonie et leurs faunes. Vienne.

Pfaff. *Grundriss der Geologie...* Éléments de géologie.

Quenstedt. *Petrefactenkunde Deutschlands.* Paléontologie de l'Allemagne. Echinodermes, 10e livraison. Leipzig.

Durre. *Das Eisenhüttenwesen...* Les usines à fer à l'Exposition de Vienne. Berlin.

Petzholdt. *Studien über Transportmittel...* Études sur les modes de transport sur rails. Supplément à la *Locomotive du présent.* Brunswick.

Nettl. *Grundriss der anorganischen Chemie...* Éléments de chimie inorganique d'après les nouveaux aperçus de la science. Frankenberg.

Palæontographica... Matériaux pour l'histoire naturelle du monde primitif, 21e vol., 7e livraison; 23e vol., 7e livraison. Cassel.

Szabo. *Ueber eine neue Methode...* Sur une nouvelle méthode de détermination des feldspaths, même engagés dans les roches. Bude-Pesth.

Handbuch für specielle Eisenbahn-Technik... Manuel technique des chemins de fer, par *Heusinger v. Waldegg.* 4e vol. Leipzig.

Zetzsche. *Handbuch der elektrischen Telegraphie...* Manuel de télégraphie électrique. 1er vol., 1re livraison. Berlin.

Chmyrow. *Die Metalle...* Les métaux, les produits métalliques et les minéraux de la Russie. Saint-Pétersbourg.

Hellwag. *Die Bahnachse...* Plan et profil en long du chemin de fer du Saint-Gothard. Zürich.

LIEBENAM. *Lehrbuch der Markscheidekunst...* Traité de levé des plans et de géométrie pratique pour les écoles des mines. Leipzig.

SCHALTENBRAND. *Die Locomotiven...* Les locomotives ; collection de dessins avec texte descriptif, livraisons 2 et 3. Berlin.

TOLHAUSEN. *Technologisches Wörterbuch...* Dictionnaire technologique français, allemand et anglais. 3e partie. Leipzig.

Neues Handwörterbuch der Chemie... Nouveau dictionnaire de chimie publié et rédigé avec le concours de plusieurs savants par *H. v. Fehling*. 2e vol., livraisons 17-20. Brunswick.

RITTER. *Lehrbuch der höheren Mechanik.* Traité de mécanique supérieure. Hanovre.

OUVRAGES ITALIENS.

DE STEFANI. *Descrizione delle nuove specie...* Description des nouvelles espèces de mollusques pliocènes recueillies aux environs de San Mianato al Tedesco. Pise.

FOGLINI. *Matematica elementare.* Mathématiques élémentaires. 1er vol. Arithmétique, algèbre, géométrie et trigonométrie rectiligne. Rome.

LAWLEY. *Osservazioni sopra ad una mascella...* Observations sur une mâchoire fossile trouvée dans le pliocène toscan des environs de Volterra. Pise.

LAWLEY. *Monografia del genere...* Monographie du genre *Notidanus*, trouvé à l'état fossile dans le pliocène subapennin de la Toscane. Florence.

FAVARO. *Di alcuni fenomeni...* De quelques phénomènes qui accompagnent les tremblements de terre, et des moyens d'atténuer leurs effets. Florence.

CHIAPPORI. *Della vegetazione...* De la végétation actuelle et pleistocène de Torriglia. Gênes.

DONNINI. *Sulle capacite termiche...* Sur les capacités thermiques des corps. Livourne.

MANTOVANI. *Sulla formazione geologica...* Sur la formation géologique des collines des environs d'Ancône. Rome.

CROTTI. *Sulla sopraelevazione...* Sur la surélévation du rail extérieur dans les courbes de chemins de fer. Milan.

NAZANI. *Idraulica matematica et pratica...* Hydraulique mathématique et pratique; fascicule 4-6, volumes I, II. Palerme.

RAGAZZONI. *Profilo geognostico...* Profil géologique du versant méridional des Alpes de Lombardie. Brescia.

SOBRERO. *Lezioni di chimica docimastica...* Leçons de chimie docimastique professées en 1875-76, à l'École royale d'application pour les ingénieurs, à Turin. Turin.

FERRINI. *Tecnologia del calore.* Technologie de la chaleur; appareils de combustion, cheminées, fourneaux, chauffage et ventilation de l'air. Milan.

MAGGIORE-PERNI. *La tutela ed il lavoro dei fanciulli...* La protection et le travail des enfants dans les mines de Sicile. Palerme.

Cenni sulle opere di difesa... Renseignements sur les travaux de défense du chemin de fer de l'Apennin, le long du Reno, entre Porretta et Pracchia. Florence.

Liceo Gioberti. Monographia... Monographie des nuculides trouvées jusqu'ici dans les terrains tertiaires du Piémont et de la Ligurie. Turin.

NAVONE. *Altimetria delle valli...* Altitudes des vallées des Apennins, relevées par nivellements barométriques. Gênes.

SELMI. *Enciclopedia di chimica...* Encyclopédie de chimie scientifique et industrielle. Turin.

BARBERA. *Teorica del calcolo...* Théorie du calcul des fonctions. Bologne.

PARROCCHETTI. *Manuale pratico...* Manuel pratique d'hydrométrie. Milan.

PAVESI. *Studii chimico-idrologici...* Études chimiques hydrologiques sur les eaux potables de la ville de Milan. Milan.

Statistica del commercio speciale... Statistique du commerce spécial d'importation et d'exportation du royaume d'Italie, du 1er janvier au 31 décembre 1875. Florence.

PIROTTA. *Sulla costituzione geologica...* Sur la constitution géologique de la vallée de Staffora. Pavie.

SARTORIO. *Sulla costituzione geo-mineralogica...* Sur la constitution géologique et minéralogique de la Valgana. Pavie.

RICHELMY. *Intorno alle turbine...* Sur les turbines à distribution partielle; études théoriques et expérimentales. Turin.

SCHIFF. *Introduzione allo studio...* Introduction à l'étude de la chimie, d'après les leçons faites au Musée des sciences naturelles à Florence. Turin.

SPEZIA. *Sul berillo del protogino*... Sur le béryl de la protogine du mont Blanc. Turin.

CINTOLESI. *Sull' acceleramento*... Sur l'accélération produite par l'électricité dans le phénomène de l'ébullition. Florence.

ANNALES

DES MINES.

DE L'EXPLOITATION HYDRAULIQUE DE L'OR EN CALIFORNIE

Par M. Ed. SAUVAGE, ingénieur des mines.

Depuis l'année 1848, époque de la découverte de l'or en Californie (*), ce métal y a été activement recherché, tant dans les filons que dans les alluvions anciennes et modernes, et des travaux de mine très-considérables ont été exécutés pour l'extraire. En particulier, pour l'exploitation des vastes dépôts d'alluvions anciennes, les procédés les plus ingénieux et les plus puissants ont été inventés et appliqués, et ils ont pris aujourd'hui un tel développement, qu'à mon sens la description de ces procédés ne peut manquer d'être intéressante, même pour nous Français, qui n'aurons sans doute pas occasion d'exécuter des travaux analogues dans notre pays : je veux parler de *l'exploitation hydraulique* (*hydraulic mining*).

Il a déjà été question de l'exploitation de l'or en Californie dans les *Annales des mines*. Mais le savant mémoire

(*) Cette date (février ou mars 1848) est du moins celle de la première découverte dont la nouvelle se soit répandue au loin, et cette nouvelle a eu l'immense retentissement que l'on sait. Il paraît cependant que l'on avait déjà trouvé de l'or en Californie plusieurs années auparavant.

de M. Laur, *Du gisement et de l'exploitation de l'or en Californie* (*Annales*, 6e série, t. III, 1863, p. 347), n'a malheureusement pas été terminé, et la partie publiée est surtout relative aux conditions de gisement et de formation. M. Delesse avait auparavant publié une traduction par extraits (*Annales*, 5e série, t. IX, 1856, p. 649) d'un rapport du docteur John B. Trask sur la Californie; on trouve surtout, dans ce travail, déjà relativement bien ancien, des renseignements généraux sur la nature des mines et leur distribution dans les divers comtés; un tableau indique la longueur et le prix des canaux de distribution d'eau, dont le développement total atteignait, dès cette époque, 2.000 kilomètres, ayant coûté en moyenne 6.800 francs le kilomètre.

Dans son *Voyage autour du monde*, le comte de Beauvoir, qui a visité la Californie en 1867, parle en termes animés et pittoresques de la nouvelle méthode d'exploitation : rien n'est plus frappant, en effet, que le spectacle de ce genre de travaux; selon ses propres expressions, « en quelques instants on voit fondre comme du sucre des mamelons qu'il faudrait cent hommes et dix jours de travail pour abattre : c'est merveilleux (*)! » Tout récemment,

(*) M. de Beauvoir dit plus loin : « Impossible d'opérer avec moins de monde et des moyens plus simples sur des milliers de mètres cubes de sable aurifère! Impossible de couvertir plus vite des collines et des montagnes tout à l'heure encore florissantes en une vallée désolée, mais où le sable devient or! »

M. Silliman, dans un mémoire dont il est question un peu plus loin, s'exprime à peu près de même : « *By no other means certainly does man more completely change the face of nature than by this method of hydraulic mining. Hills melt away and disappear under its influence...* »

J'ajouterai que je ne trouve pas ces appréciations exagérées le moins du monde. Lorsque je me suis trouvé pour la première fois en face d'une *mine hydraulique*, j'ai été frappé d'étonnement à la vue de la puissance des moyens et surtout de l'effet qu'ils avaient produit : quelques *témoins* restés debout montraient que des col-

dans un intéressant article, sur les mines d'or et d'argent aux États-Unis, paru dans la *Revue des Deux-Mondes*, M. L. Simonin a décrit les moyens aujourd'hui employés pour extraire l'or des vastes accumulations de sable et de cailloux qui le contiennent; mais la nature de cette publication interdisait naturellement à l'auteur de l'article d'entrer dans les détails techniques.

C'est surtout en anglais que des documents ont été publiés sur le *hydraulic mining*. Dans un mémoire inséré en 1865 dans l'*American journal of science and arts* (*on the deep placers of the south and middle Yuba*), M. B. Silliman en a donné une description sommaire. Le grand traité de M. Arthur Phillips, *The mining and metallurgy of gold and silver*, imprimé à Londres en 1867, contient un exposé un peu plus développé de cette méthode d'exploitation (p. 151 à 163), accompagné de quelques gravures intéressantes, exécutées d'après des photographies (*).

Le travail le plus complet qui ait jamais été publié sur cette question fait partie (ch. XVII) du 5e rapport annuel de M. Rossiter W. Raymond, *Statistics of mines and mining in the states and territories west of the Rocky Mountains* (1873), publié à Washington par le Gouvernement. L'auteur de ce travail est M. Charles Waldeyer, ingénieur familier avec la pratique de ces procédés; les faits y sont exposés d'une manière nette, précise et exacte; les diverses manières d'opérer y sont discutées avec beaucoup de soin; en somme c'est un mémoire très-remarquable, et, en même temps qu'une description générale, c'est un véritable traité

---

lines entières avaient été rasées. Malgré les descriptions que j'avais lues auparavant, je ne m'attendais nullement à voir un travail aussi colossal.

(*) Je signalerai en particulier la vue d'un aqueduc en bois (p. 154) et celle d'une conduite en tôle (p. 162). La figure de la page 157 ne donne plus qu'une faible idée de la force des jets d'eau employés aujourd'hui.

pratique qui peut être fort utile aux exploitants. J'ai fait, dans la présente notice, de très-nombreux emprunts à ce mémoire (*); j'ai cependant modifié l'ordre d'exposition que M. Waldeyer avait adopté, ne m'adressant pas comme lui à des lecteurs déjà plus ou moins familiers avec le genre de travaux que je veux décrire. J'ai aussi ajouté beaucoup d'exemples des travaux dont il parle d'une manière générale, et des détails spéciaux sur diverses mines, que j'ai visitées dans le bassin de la rivière Yuba.

Je dois citer ici les noms de MM. W. Ashburner et E. de Crano, ingénieurs bien connus de San Francisco, qui m'ont fort obligeamment fourni plusieurs renseignements utiles, et m'ont aidé de leurs conseils et de leurs lettres, dans mon voyage aux mines d'or. J'ai d'ailleurs trouvé partout le meilleur accueil auprès des exploitants de ces mines.

Le mémoire, cité un peu plus haut, de M. Laur, commence par une description complète de la situation géographique, du sol et du climat de la Californie. Il est donc inutile de recommencer ici cette description, et, d'ailleurs, cette belle contrée est trop connue aujourd'hui pour qu'il

---

(*) Il serait fastidieux de citer sans cesse le même auteur; aussi je préfère indiquer en bloc quelles sont les principales parties de mon travail qui sont imitées ou même quelquefois traduites plus ou moins librement du texte de M. Waldeyer.

C'est d'abord l'historique de la découverte de la nouvelle méthode, puis les détails sur la construction des canaux d'amenée d'eau, la description du siphon de Cherokee, diverses considérations sur la position à donner aux tunnels et sur la manière de les faire communiquer avec le jour à travers le dépôt aurifère; la description des ajutages, celle des travaux nécessaires pour l'ouverture d'une mine hydraulique et des travaux réguliers d'exploitation (y compris les énormes fourneaux de mine); plusieurs indications sur les *sluice-boxes* et les *under-currents;* enfin le paragraphe relatif aux débris rejetés par les mines et aux difficultés qu'ils causent.

Les *fig.* 2 et 3, Pl. I, 4 et 5, Pl. II, sont également extraites de ce mémoire.

soit besoin d'en parler d'une manière générale en guise d'introduction. Une carte, à l'échelle de 1/1.520.640 (1 pouce pour 24 milles), accompagne le mémoire de M. Laur. Je renvoie le lecteur à cette carte (*Annales*, 6ᵉ série, t. III), à laquelle il faudrait cependant ajouter les chemins de fer, qui ont tous été construits depuis qu'elle a été publiée. Actuellement le réseau des voies ferrées est déjà très-étendu en Californie. La grande artère qui relie les États de l'ouest à ceux de l'est, le *Central Pacific*, part de Sacramento, passe à Auburn, Colfax, Dutch Flat, franchit la Sierra, redescend dans l'État de Nevada par la vallée de la rivière Truckee, et suit ensuite le cours de la rivière Humboldt. Un embranchement vers le sud, se détachant à Reno, va rejoindre Carson city et Virginia city, bâtie sur le célèbre filon de Comstock (dans l'État de Nevada). De Sacramento on va sur rails à Oakland (en face de San Francisco), en faisant un détour par Galt, Stockton et Lathrop. A Oakland, le chemin de fer s'avance dans la baie sur une longue estacade, au bout de laquelle accostent les grands *ferry-boats* de San Francisco. Au sud-est de Sacramento, une voie ferrée (s'embranchant sur la précédente à Lathrop) remonte la vallée du San Joaquin et s'avance jusqu'au delà de Visalia, près du lac Tulare. San Francisco même est le point de départ d'une ligne qui ne s'écarte pas beaucoup de la côte, passe à San Jose, ville voisine des mines de mercure de New Almaden, et descend jusqu'à la hauteur de Monterey. Dans la direction opposée, suivant la vallée du Sacramento, les chemins de fer s'étendent jusqu'à Red Bluff (entre Tehama et Shasta), desservant Marysville, Oroville, etc. Vers la mer ils vont de Sacramento à Napa, Santa Rosa, Bodega, etc. Chaque année, d'ailleurs, ils s'avancent plus loin, vers le nord et vers le sud, dans la grande vallée et sur les côtes.

C'est sur le flanc de la Sierra que s'étendent les *placers* anciens, sur une longueur de 7 degrés de latitude. Je

commencerai par parler de la nature de ces dépôts et je dirai quelques mots des diverses théories qui ont été proposées pour en expliquer la formation.

---

§ 1. — De la nature des alluvions aurifères anciennes.

Les alluvions anciennes, qui constituent les grands dépôts aurifères dont nous nous occupons, se présentent généralement sous forme de collines. Ces collines, composées de matériaux plus ou moins meubles, occupent fréquemment le sommet d'autres collines, formées de roches anciennes, et se trouvent ainsi à une hauteur considérable au-dessus du fond des vallées. Elles sont, dans plusieurs régions, couronnées par une couche épaisse de matières volcaniques, laves, basaltes et cendres agglomérées, qui forment par-dessus des plateaux à bords abrupts. Tout le versant occidental de la Sierra Nevada a été, en effet, à une époque relativement très-récente, le théâtre de puissantes éruptions volcaniques, et des coulées immenses de laves, en partie détruites aujourd'hui, en ont envahi les vallées.

L'épaisseur de ces coulées au-dessus des graviers (*) aurifères atteint parfois 50 mètres. Les *fig.* 1, 4 et 5 de la Pl. XI qui accompagne le mémoire de M. Laur font voir clairement ces couronnements basaltiques. Je reproduis, en outre (*fig.* 4, Pl. I), une coupe très-intéressante par le tunnel de Maine Boy, près de Sonora (Tuolumne county), donnée dans le volume Ier (1865) du *Geological survey of California*. Le couronnement de lave, coupé à

(*) Je me servirai plusieurs fois du mot *gravier*, faute d'un meilleur et comme traduction du mot anglais *gravel;* mais il ne s'agit pas ici d'un véritable gravier, c'est-à-dire d'un amas de petits cailloux, mais de sables, galets, conglomérats, etc.

pic, et formant un grand plateau désigné sous le nom de Table Mountain, est épais, au point où la coupe a été faite, de 42 mètres.

En examinant de plus près ces collines aurifères, on reconnaît, grâce aux excavations faites par les mineurs, qu'elles ne reposent pas, le plus souvent, sur un plateau horizontal, mais qu'elles remplissent une dépression ou sorte de vallée creusée dans la roche sous-jacente. Les *fig.* 1 et 2, Pl. I, ainsi que la *fig.* 4, que je viens de citer déjà, représentant des coupes transversales de dépôts aurifères, feront comprendre cette disposition. Au tunnel de Maine Boy, la roche inférieure s'élève à 45 mètres au-dessus du point le plus bas occupé par les alluvions. Ces parois rocheuses qui enserrent les dépôts sont désignées sous le nom de *rim-rock* (roche du bord); le *bed-rock* est la roche qui forme le fond de la vallée remplie.

Les dépôts aurifères eux-mêmes sont formés d'assises superposées de natures diverses, composées de sables, graviers, argiles, galets et fragments de toutes les roches de la Sierra. Ces assises sont, le plus souvent, stratifiées horizontalement en chaque point, mais sans présenter de continuité sur une grande étendue. On verra des exemples de ces assises horizontales sur les *fig.* 2 et 3, Pl. XI, du mémoire de M. Laur. A la base des dépôts, reposant sur le *bed-rock*, à surface parfois fort irrégulière, on trouve d'abord le *blue gravel* (gravier bleu), dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 12 ou 15 mètres. C'est une masse, assez fortement cimentée, de sable à gros grains, souvent argileux, et de cailloux roulés de toutes grosseurs (souvent plus gros que la tête d'un homme) de quartz et de roches schisteuses et serpentineuses. Comme son nom l'indique, cette masse est bleue ou bleuâtre : cette coloration est attribuée à la présence de sels de fer (sulfate de protoxyde), et, selon quelques personnes, passerait au rouge lorsque la matière est soumise à l'action de l'air. Cependant la

couleur bleue paraît, en bien des points, subsister au contact de l'air. La pyrite de fer, cristallisée en cubes, abonde dans cette couche; M. Laur donne quelques détails (p. 393) sur le ciment siliceux et pyriteux qui en a aggloméré les sables. Parfois, les sables et les cailloux roulés sont très-fortement cimentés et constituent un véritable conglomérat que l'on appelle le *blue cement.* A la suite d'une longue exposition à l'air, pendant une année, par exemple, souvent ces conglomérats se désagrègent.

Le *blue gravel* est la partie la plus riche des dépôts : l'or y est disséminé en particules plus ou moins fines, parfois en petites pépites et en écailles au contact des galets et du sable aggloméré.

Il est recouvert par une couche rougeâtre, dont l'épaisseur atteint parfois une dizaine de mètres, nommée *red gravel*, et qui est aussi très-riche. Selon ceux qui pensent que le *blue gravel* change de couleur à l'air, l'action de l'atmosphère se serait étendue dans la masse jusqu'à une certaine profondeur et en aurait altéré la teinte. Quoi qu'il en soit, la couche rougeâtre est formée également de gros sable avec galets de quartz et de roches diverses.

Ces deux couches riches, qui occupent le fond des dépressions du terrain, sont enfouies sous une masse considérable de sables avec ou sans galets (*top gravel*), plus ou moins cimentés (on pratique en effet, dans plusieurs dépôts aurifères, des tranchées verticales de 50 mètres et plus de hauteur, ce qui prouve une grande solidité du terrain : cependant des escarpements aussi élevés présentent un certain danger). La teinte de ce gravier supérieur est généralement blanche ou jaunâtre. Les assises en sont assez variées, tantôt riches en galets plus ou moins gros, tantôt très-sableuses. Quelquefois on y observe des effets de fausse stratification, consistant en une série de lits inclinés assez fortement, comme on en voit dans les alluvions actuelles

des rivières. Parfois de petits lits d'une sorte de grès ferrugineux (*iron cement*), ou bien de sable fin, de quelques centimètres d'épaisseur, séparent les diverses assises horizontales.

La masse des graviers supérieurs renferme aussi de l'or, mais en proportion moindre et à un état de division bien plus fin que les bancs inférieurs de gravier bleu et rouge. Néanmoins cette masse est souvent assez riche pour être exploitée avec grand profit.

On trouve souvent, dans l'intérieur des dépôts aurifères, de gros blocs de rocher non arrondis. Ces blocs sont fréquemment accumulés sur les parois rocheuses (*rim-rock*) qui contiennent le dépôt, ou au pied de ces parois. M. Waldeyer compare ces accumulations à des *moraines*, sans d'ailleurs leur attribuer une origine glaciaire. Rien n'est plus facile que d'expliquer la présence de ces blocs à cette place ; ils se sont détachés de la paroi même de rocher et ont roulé en bas de la pente.

Sur les mêmes pentes, il existe souvent des masses de sable quartzeux très-meuble et même semi-fluide lorsqu'il est imbibé d'eau. Ce sable renferme un peu d'or. On trouve aussi, sur les flancs du dépôt, une argile blanche que les mineurs appellent *pipe-clay*, et qui se délite à l'air. Cette argile est figurée par la partie couverte de hachures obliques sur la coupe, *fig.* 2, Pl. I.

Il n'est pas rare de trouver dans les dépôts aurifères des fragments de bois carbonisé et silicifié, parfois en quantités assez considérables. Les bois carbonisés forment dans quelques mines de petites couches de lignite. Les bois silicifiés ont quelquefois conservé leur texture d'une manière parfaite, d'autres fois ils ont été transformés en une sorte de demi-opale ; c'est en dessous des coulées basaltiques qu'on les trouve dans cet état, par exemple à Nevada. Placerville, etc. On a même retrouvé des troncs d'arbres entiers dans les graviers.

L'épaisseur totale des dépôts aurifères atteint parfois 150 et 200 mètres. La richesse en or de ces dépôts est extrêmement variable, depuis quelques centimes au mètre cube jusqu'aux teneurs les plus fortes, comme dans ces puits, cités par M. Laur, de 15 pieds carrés, qui ont produit 250 livres d'or. D'ailleurs, comme le fait observer à très-juste titre le même auteur, la teneur absolue est toujours inconnue, et ne saurait être déterminée : on ne connaît en chaque point que ce que donnent les méthodes d'exploitation appliquées, et parfois la quantité de métal perdue peut être très-considérable sans qu'on en sache rien. Ce qu'on peut dire d'une manière générale, c'est que les parties inférieures sont beaucoup plus riches que les supérieures. M. Laur suppose que le produit moyen du mètre cube du terrain de la base doit se rapprocher, en moyenne, de 4 francs, et celui du mètre cube du terrain supérieur, de $0^f,25$, et qu'enfin la moyenne générale du rendement de 1 mètre cube d'alluvion serait de $1^f,50$.

En jetant les yeux sur la carte de la vallée de l'Yuba (*) (*fig.* 5, Pl. I) et sur la coupe (*fig.* 6, Pl. I) qui l'accompagne, on voit que les dépôts aurifères y forment des bandes extrêmement allongées, coupées par les vallées et les rivières. En divers points, ils sont recouverts de roches éruptives. L'idée la plus simple qui se présente à l'esprit pour expliquer leur formation, idée très-répandue d'ailleurs, est qu'ils ont été laissés par d'anciennes rivières dont ils jalonnent le cours. Ces matières se seraient déposées horizontalement dans le fond de ces rivières, comme l'indique la coupe théorique (*fig.* 3, Pl. I), et plus tard, par suite de profonds ravinements, les parois de la vallée contenant le dépôt auraient été enlevées sur une certaine hauteur, de sorte qu'il ne reste plus aujourd'hui qu'un *témoin*

(*) Cette carte est la réduction d'un travail fait pour la compagnie de North Bloomfield.

des anciennes alluvions (*fig.* 2, Pl. I). En même temps, les vallées actuelles, se creusant profondément, auraient, en divers points, coupé à angle droit et complétement enlevé le dépôt d'alluvion ancienne. Les grandes éruptions de matières volcaniques se sont produites entre les deux périodes, après la formation des dépôts et avant le grand travail d'érosion.

La pente de ces anciennes rivières aurait été bien forte, ainsi qu'on le voit sur la coupe longitudinale *fig.* 6, Pl. I, et aurait atteint en divers points 2 et 3 p. 100; il devient alors assez difficile d'admettre que des dépôts aussi considérables aient été laissés par les torrents impétueux qui devaient rouler sur de telles pentes. Il est vrai que le fait est explicable si la quantité d'eau était faible; ainsi j'ai vu, entre Cherokee et North Bloomfield, de vastes accumulations de débris de l'exploitation des mines, déposés, par les eaux qui les charriaient, sous un angle de plus de 2° (soit plus de 3 p. 100). Il est vrai encore qu'on a deux autres hypothèses à sa disposition : ou bien des barrages ont créé une série de lacs, dans lesquels le dépôt a pu se faire tranquillement, ou bien un relèvement de la Sierra a augmenté la pente des vallées, postérieurement à la formation des alluvions.

Les couches de *pipe-clay*, en particulier, semblent être le dépôt d'une eau parfaitement calme, formant des lacs presque sans courant; à un certain moment, par suite de la rupture d'un barrage, une rivière à courant plus violent se serait formée et aurait raviné vers le milieu la couche boueuse de *pipe-clay*, avant de déposer de nouveaux sables et galets, ce qui expliquerait pourquoi cette argile n'existe guère que sur les flancs des dépôts.

M. Laur admet même que le terrain diluvien s'est déposé sur un sous-sol à peu près horizontal, et qu'il a été ensuite relevé avec la Sierra, dont le soulèvement serait postérieur, et, par conséquent, relativement très-moderne.

Depuis l'époque où ces diverses théories se sont produites, la géologie de la Californie a été étudiée d'une manière beaucoup plus exacte et détaillée par le *Geological survey* de l'État, sous la direction du professeur J. D. Whitney (*). A la suite d'observations consciencieuses, une nouvelle théorie a été proposée; un exposé en a été donné par M. A. Bowman, l'un des membres du *Geological survey*, dans l'ouvrage déjà cité de M. Raymond (*Statistics of mines and mining* etc., 1873). Sans présenter d'aperçus complétement nouveaux, cette théorie rend compte avec beaucoup plus de précision que les précédentes des faits observés.

La formation des dépôts aurifères, d'après la nature des feuilles d'arbres fossiles qu'on y a trouvées, paraît remonter à l'époque pliocène. A cette époque, la grande plaine de Californie, qui est aujourd'hui formée par des alluvions de 300 mètres d'épaisseur, ainsi que le prouve un sondage exécuté à Stockton, n'existait pas, et la mer baignait le pied de la Sierra. Les rivières pliocènes ont d'abord creusé des vallées dans le flanc de la Sierra. Puis est venu un moment où des dépôts d'alluvion aurifère se sont mis à remplir ces vallées. A quoi faut-il attribuer ce changement de régime? Est-ce à une réduction du débit des rivières, due à une diminution de la quantité annuelle de pluie? Mais l'abondante végétation retrouvée fossile n'indique nullement une période de sé-

(*) Le *Geological survey* de Californie a été constitué en 1860, par acte de la législature de l'État, avec une allocation de $ 20.000 (103.000 fr.), dont $ 6.000 de traitement pour le chef du service. Dans les années suivantes, les dépenses (non compris les frais de publication) ont été réduites à $ 16.000 en moyenne. Le service du *Geological survey* comprend, outre l'étude de la géologie, celle de la botanique et de la zoologie de la contrée.

Je donne ces détails pour montrer que les intérêts de la science ne sont nullement négligés dans un pays neuf et livré aux grandes entreprises financières comme la Californie.

cheresse. Ce serait donc une diminution de pente qui aurait amené le remplissage des vallées. La cause de cette diminution de pente serait dans le soulèvement de la chaîne de la côte, le Coast range.

La période pliocène se termine ensuite par les grandes éruptions volcaniques, qui couvrent une partie des alluvions d'un manteau de laves basaltiques.

La période quaternaire est marquée par un soulèvement progressif de la Sierra (soulèvement lent qui, inter rompu par celui du Coast range, s'était déjà produit au début de l'époque pliocène, et avait été la cause du creusement des vallées de cette époque) ; les eaux se mirent alors à creuser de nouveau des vallées, au lieu d'y accumuler des alluvions, à enlever une grande partie des dépôts pliocènes, et à combler la grande plaine de Californie. L'érosion fut alors bien plus considérable qu'elle n'avait été la première fois, à l'époque pliocène : car le fond des vallées actuelles est, en moyenne, de 400 à 500 mètres au-dessous de celui des vallées pliocènes.

Une coupe transversale de la Sierra Nevada, construite en relevant un grand nombre de points, indique, pour profil d'ensemble du fond des vallées modernes, une courbe cycloïdale, et pour profil du fond des vallées pliocènes, une courbe semblable, à une altitude de 400 à 500 mètres plus élevée. Le sommet des coulées volcaniques, survenues entre les deux époques, donne le profil des anciennes rivières pliocènes après le comblement des vallées; c'est à peu près une ligne droite, c'est-à-dire le profil d'une rivière de plaines.

Les divers niveaux occupés par la mer pliocène, ou plus exactement les diverses élévations du sol au-dessus de la mer, sont indiqués par une série de terrasses très-bien marquées sur les collines qui entourent la baie de San Francisco; plusieurs de ces terrasses peuvent se voir de

San Francisco même, et elles ont été l'objet d'études spéciales de la part du *Geological survey*.

La mer, en certains points, a aussi formé des alluvions épaisses. Ainsi la vallée de Livermore, qui coupe le Coast range au sud du mount Diablo, à l'est de la baie de San Francisco, est remplie, sur une épaisseur de 150 à 200 mètres, par des couches de gravier marin, provenant de la destruction par les flots d'un conglomérat assez tendre qui forme les collines voisines.

C'est surtout dans le nord de la Californie que les phénomènes volcaniques, qui ont marqué la fin de la période pliocène, ont été intenses. Là, les roches éruptives ont formé le mont Shasta, qui s'élève à 4.400 mètres au-dessus du niveau de la mer, avec les pics voisins, Hood, Reignier et Baker, et le vaste plateau qui s'étend sur plus de 2 degrés de latitude et occupe tout le coin nord-est de l'État.

§ 2. — Indication sommaire de l'ensemble des procédés.

Une description méthodique des procédés de l'*exploitation hydraulique* et des appareils qu'elle exige n'est pas sans présenter une certaine complication, à cause de l'étendue du sujet et de la multiplicité des détails. Pour éviter toute confusion, je commencerai par indiquer, d'une manière très-sommaire, la suite des opérations principales et des travaux préparatoires.

On attaque la masse de sables et de cailloux, plus ou moins cimentés, par des jets d'eau puissants qui l'entaillent et l'abattent. Parfois, avant de faire agir les jets d'eau, on désagrège d'avance le terrain, au moyen de vastes fourneaux de mine. L'eau est amenée par des conduites souvent fort longues ; ce sont des fossés ou canaux, avec ouvrages d'art sur leur parcours quand il y a lieu. Ces conduites prennent l'eau dans des rivières ou dans de grands réservoirs artificiels.

L'eau, lancée en jets, entraîne les matières désagrégées dans de longs conduits en bois, ayant une pente suffisante pour que les plus gros galets les parcourent sans difficulté sous l'action du courant. Le fond de ces conduits présente une série de ressauts et de vides dans lesquels on loge du mercure, qui retient l'or par amalgamation. Le métal précieux est ainsi recueilli, plus ou moins complétement, et les matières appauvries sont rejetées au bout des conduits en bois.

Pour exploiter de cette manière un dépôt aurifère jusque dans ses parties les plus profondes, qui sont de beaucoup les plus riches, il faut avoir, au point le plus bas, un débouché pour les eaux ; il faut donc percer un tunnel en pente, partant du thalweg de la vallée pliocène remplie par les alluvions et aboutissant au point le plus proche de la vallée moderne voisine. Il est bon même que le point de départ du tunnel soit, non pas sur le thalweg même, mais à une certaine profondeur en dessous, ce qui permet de le prolonger au besoin et crée une chute, qui divise et broie les matières entraînées. Nous verrons plus loin quelles sont les difficultés que l'on rencontre fréquemment pour faire communiquer ces tunnels, creusés dans le rocher, avec les dépôts d'alluvion. Presque partout, d'ailleurs, un tunnel est indispensable pour exploiter hydrauliquement une mine tout entière; pendant un certain temps, on peut souvent s'en passer en ne prenant que les parties les plus hautes.

C'est en 1852 que la méthode nouvelle a été imaginée, à Yankee Jim, Placer county, par un mineur dont le nom n'a pas été conservé. L'eau, amenée par un petit fossé et un conduit en bois sur chevalets, dans un tonneau élevé à 12 mètres au-dessus du sol, s'en échappait par un tuyau en cuir, terminé par un ajutage de $0^{m},025$ de diamètre. Cette eau, désagrégeant les sables et les graviers, les entraînait dans un conduit en pente, où l'or s'amalgamait.

Les appareils de ce genre se répandirent rapidement; bientôt on remplaça les tuyaux en cuir (frais), sujets à la pourriture, par des tuyaux en toile; on augmenta la hauteur de chute et le débit. Mais, au bout de peu de temps, on se trouva en présence de difficultés sérieuses : la masse considérable des débris entraînés obstruait le débouché des canaux d'écoulement, tandis que, d'autre part, les parties inférieures des dépôts, les plus riches, ne pouvaient être enlevées par l'eau, à cause de leur niveau trop bas. La hauteur de chute nécessaire venait donc à manquer, et pour deux raisons, parce que, d'un côté, les débris s'accumulaient, et, de l'autre, l'exploitation même enlevait les parties hautes des dépôts aurifères. Ces difficultés amenèrent une réaction dans l'opinion des mineurs, et, pendant plusieurs années, on renonça presque partout au *procédé hydraulique.* Tout le monde cependant ne perdit pas courage, et grâce à la persévérance de quelques hommes énergiques, on finit par arriver aux immenses résultats dont nous sommes témoins aujourd'hui.

Je décrirai successivement les divers genres de travaux que je viens d'indiquer. Je commencerai par les travaux d'amenée d'eau et de percement de tunnels (§§ 3 et 4); je parlerai ensuite des appareils, tels que conduites et ajutages, qui sont nécessaires pour l'emploi de l'eau (§ 5); puis de la manière d'ouvrir une mine hydraulique et de l'exploiter régulièrement (§§ 6 et 7). La description des canaux d'amalgamation et du traitement de l'amalgame qu'on y recueille occupera les paragraphes suivants (8 et 9); je dirai quelques mots des perfectionnements proposés de la méthode actuelle, des difficultés que causent les débris de l'exploitation des mines, rejetés en grande masse, et du traitement par bocardage de certains conglomérats qui se trouvent fréquemment dans les depôts aurifères (§§ 9 à 11). Je donnerai enfin divers détails sur quelques exploitations hydrauliques, prises comme exemples.

§ 3. — Travaux d'amenée d'eau aux mines.

On doit pouvoir disposer, dans les mines, d'une grande quantité d'eau, et, autant que possible, pendant toute la durée de l'année, été comme hiver, mais surtout en été, car c'est dans cette saison que le travail est le plus commode : les jours sont longs, le temps est très beau, enfin la chaleur de l'eau semble favoriser l'amalgamation : en effet. toutes choses égales d'ailleurs, le rendement en or paraît être plus élevé en été qu'en hiver. De plus, l'eau doit arriver à une hauteur suffisante au-desssus des terrains à exploiter, car l'élévation de niveau donne à l'eau un grand rayon d'action; on pourra, par exemple, après l'avoir amenée pour une certaine exploitation, l'utiliser dans des exploitations voisines. En outre, une forte pression aux ajutages est très-avantageuse.

Le régime des rivières de Californie est très-variable : à l'époque de la fonte des neiges, elles débitent des masses d'eau énormes, et, en automne, n'étant alimentées ni par des pluies ni par des glaciers, elles baissent beaucoup. Par conséquent, la première chose à faire est de créer un grand réservoir, en barrant une vallée, à une altitude suffisante au-dessus du niveau de la mine, ce qui oblige souvent à remonter très-loin dans la montagne, à cause de la grande élévation des dépôts à exploiter au-dessus du fond des vallées voisines. Plusieurs de ces réservoirs sont indiqués sur la carte du bassin de la rivière Yuba (*fig.* 5, Pl. I).

Les barrages sont construits soit en pierre, soit en bois, avec remplissages de terre et de cailloux. Par exemple, celui qui forme le lac Eureka (voir la carte), représenté *fig.* 1 à 3, Pl. II, est en blocs de granit, ayant, à la base de la construction, un volume qui varie de $0^{mc},04$ à $0^{mc},08$; quelques-uns ont même $0^{mc},15$ et $0^{mc},25$. Ces blocs, superposés sans mortier, forment la moitié de la masse, le

reste est composé de terre pilonnée. Le volume total est de 8.300 mètres cubes, et le poids est de 18.800 tonnes. La pression de l'eau est, au maximum, de 6.128 tonnes. La hauteur du barrage au point le plus élevé est de 21 mètres. La surface qui est en contact avec l'eau est recouverte en planches de pin et sapin, épaisses de $0^m,075$, larges de $0^m,15$ à $0^m,25$, et longues de $1^m,30$ à 3 mètres. Ces planches sont clouées à chaque bout sur des poutres horizontales (pin et tamarac) de $0^m,30$ sur $0^m,30$; leurs joints sont calfatés. La surface de ce revêtement est de 940 mètres carrés; on a employé, pour le supporter, 820 mètres courants de poutres de la section indiquée. A la partie inférieure du barrage est ménagée une galerie pour la sortie de l'eau; le toit de cette galerie est formé de dalles de granit. L'eau coule dans un canal en bois de $1^m,20$ de largeur sur $0^m,60$ de hauteur, formé de planches de $0^m,06$ d'épaisseur, supportées par des poutres de $0^m,30$. Au-dessus de ce canal un passage donne accès aux vannes, placées naturellement du côté de la surface baignée. A la partie supérieure, il y a deux déversoirs, dont le seuil est à $0^m,90$ au-dessous de la crête du barrage. L'aire maxima de la section transversale (coupe n° 2, *fig.* 2) de l'ouvrage est de 740 mètres carrés; la hauteur est, en ce point, de $21^m,30$.

La surface du réservoir, créé par ce barrage, est de 80 à 120 hectares; le volume d'eau qu'il peut contenir est d'environ 17 millions de mètres cubes. Le bassin qui l'alimente a une superficie d'une vingtaine de kilomètres carrés. Cet ouvrage a été construit en 1859; il est à une altitude de 2.000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le barrage du lac Meadow est bâti de même, en pierres et en terre. Il est plus long et moins élevé; la hauteur maxima n'est que de 12 mètres. La partie extérieure est construite en pierres sèches; les pierres employées sont des fragments d'une roche schisteuse, pesant en moyenne

70 kilogrammes. Le parement, qui a un fruit de 1/7, est formé de pierres épaisses de 0m,15 à 0m,40 et longues souvent de 1m,20 à 1m,50. Le couronnement de ce mur, occupant à peu près les 2/7 de la hauteur totale, est construit avec beaucoup moins de soin que la base, et même d'une manière très-négligée. L'autre face, qui est noyée dans les terres, a la même inclinaison. Sur la moitié de la longueur, cette maçonnerie est consolidée par deux rangées de pièces de charpente (arbres ronds de 0m,25 de diamètre) transversales, distantes de 3 mètres. Une masse considérable de gros graviers, sable et terre glaise s'appuie sur ce mur en pierres sèches, et forme du côté de l'eau un talus incliné de 28 à 33°. Le tout repose sur un terrain de transport, qui a fourni les matériaux de la partie meuble de l'ouvrage. Il est entré dans ce barrage 7.500 mètres cubes de maçonnerie et 12.000 mètres cubes de terre; le poids total est de 40.800 tonnes. La pression de l'eau est, au maximum, de 4.660 tonnes, s'exerçant sur une surface dont la projection sur un plan vertical est de 1.600 mètres carrés.

L'eau s'échappe par un conduit de 1m,50 sur 0m,75, muni d'une vanne qui se manœuvre du haut d'une tour en charpente baignée par les eaux du lac. Un déversoir de 5 mètres de largeur s'ouvre à 2m,50 au-dessous de la crête du barrage; le seuil est formé par un madrier de 0m,12 de hauteur et 0m,07 d'épaisseur. Toute l'ouverture de ce déversoir est d'ailleurs revêtue de madriers de même épaisseur. La surface du lac est de 120 hectares; il est à une altitude de 2.300 mètres.

Le barrage du réservoir Rudyard est en pierres et en bois. Une série de cadres rectangulaires en bois sont superposés horizontalement; ils vont en se rétrécissant de bas en haut, de telle sorte que la section transversale de l'ouvrage est triangulaire. Tout l'intérieur est rempli de pierres. Les bois employés sont des troncs d'arbres écorcés

de $0^m,30$ à $0^m,60$ de diamètre; les cadres sont formés de pièces longitudinales extérieures, reliées par une série de pièces transversales, noyées dans le remplissage. Les deux cours de pièces ne sont d'ailleurs pas dans le même plan, mais les pièces transversales sont simplement posées sur les pièces longitudinales, auxquelles elles sont fixées par des broches en fer de $0^m,012$ à $0^m,025$ de diamètre. A l'extérieur, on voit par conséquent une série de troncs d'arbres horizontaux, séparés par des intervalles à peu près égaux à leur diamètre, et, dans ces intervalles, les abouts des pièces transversales. Du côté baigné, il y a une garniture de planches jointives, et ces planches sont en outre recouvertes d'une couche de terre argileuse. La hauteur la plus grande de ce barrage est de $24^m,50$ du côté d'amont et de $27^m,50$ du côté d'aval. Il se compose de trois sections séparées, fermant trois vallées ou dépressions de terrain voisines.

Le barrage Bowman, qui coupe le Big Cañon Creek (en aval de celui que j'ai décrit en premier lieu), est construit comme le barrage du réservoir Rudyard. La hauteur en est de 20 mètres, et l'on se propose de la porter à 27 mètres. La pente de la face baignée est de 57° 55′ en bas et de 45° 40′ en haut; celle de la face extérieure est de 55° 20′.

Des réservoirs, l'eau est amenée aux mines par des canaux ou fossés (*ditches*), qui s'étendent souvent sur une longueur considérable. La largeur de ces canaux dépasse rarement 2 ou 3 mètres. Comme on peut le voir sur la carte (*fig.* 5, Pl. I), ces canaux ne partent pas toujours des réservoirs mêmes, mais parfois se détachent des rivières qui en sortent, ces rivières servant ainsi de canal sur une certaine longueur. Au point où l'on veut prendre l'eau de cette rivière, on construit un petit barrage en travers de la vallée : on choisit naturellement, pour cette construction, un endroit où deux rochers en face l'un de l'autre la rétrécissent beaucoup. Les canaux suivent en général

les vallées, en s'élevant, par rapport au thalweg, graduellement à flanc de coteau, leur pente étant moindre que celle de ce thalweg. Cette pente doit être régulière. Une inclinaison de 10 pieds par mille (environ $0^{m},002$ par mètre) est très-convenable : l'eau coule rapidement, mais sans dégrader les berges. Autant que possible, il ne faut modifier cette pente sur aucun point du parcours : si l'on est obligé de la réduire en un certain endroit, il faut alors au moins augmenter la section.

L'excavation doit être pratiquée dans un sol consistant, au-dessous du terrain meuble de la surface. En creusant le fossé à flanc de coteau, il faut laisser, du côté de la pente descendante de la montagne, un massif intact assez large, sur lequel on place une partie des déblais. Du côté de la pente montante, on ne doit pas tailler trop à pic, afin d'éviter les éboulements et l'obstruction du canal pendant la saison des pluies. Ces obstructions peuvent être cause de dégâts très-graves : l'eau, arrêtée dans son cours, passe par-dessus le bord, et fait des brèches longues et difficiles à réparer. Il ne faut donc pas hésiter à donner du premier coup au talus de déblai une pente convenable.

En principe il y a intérêt à faire les fossés profonds et étroits, afin de diminuer la surface d'évaporation en été. Mais, bien entendu, avant de fixer la profondeur, — par exemple à 2 ou à 3 pieds, — on examine la nature du terrain : si le roc se trouve près de la surface du sol, et si un fossé de 2 pieds de profondeur ne l'entame pas, tandis que celui de 3 pieds l'entaillerait, on s'en tiendra au premier chiffre, malgré les avantages de la profondeur de 3 pieds.

De distance en distance on établit des vannes de décharge, afin de pouvoir vider rapidement le canal en cas d'accident. L'emplacement de ces vannes doit être choisi de telle sorte que l'eau qu'elles laissent échapper ne puisse raviner le sol en dessous du canal et causer des glisse-

ments de terrains. — Tous les petits cours d'eau que croise le canal doivent pouvoir à volonté s'y déverser ou s'écouler par-dessus, suivant qu'il y a disette ou excès d'eau.

Les arbres qu'il faut abattre sur le tracé ne doivent jamais être coupés au pied, parce que l'extraction des souches est ensuite très-difficile. On déchausse l'arbre du côté le plus bas, puis on coupe les racines qui le retiennent de l'autre côté : il est alors facile, en le tirant avec des cordes, de le faire tomber d'un bloc avec la souche.

S'il est possible, on évite les régions longtemps couvertes de neige : on peut cependant au besoin construire des abris contre la neige (*snow-sheds*) (*) en posant en travers du fossé une couche serrée de branchages de pins, supportés par deux cours de sommiers placés en long sur les deux bords. La neige, retenue par ces branchages, finit par former une sorte de voûte, qui se soutient d'elle-même.

Aucun travail, dans l'exploitation des mines d'or, ne demande plus de prévoyance et de soins que la construction de ces fossés. Le fossé le mieux fait cause encore bien des ennuis au début, pendant un an ou deux ; mais quand il a été construit avec négligence, on dépense en réparations autant qu'en frais de premier établissement, sans jamais arriver à avoir un ouvrage satisfaisant. Dans tous les cas, les canaux exigent un entretien constant, et l'on poste, de distance en distance, sur toute leur longueur, des agents chargés de les surveiller. Sur ceux qui alimentent les exploitations de North Bloomfield, il y a des gardes tous les 5 milles (8 kil.), en hiver, et tous les 10 milles

(*) On fait en petit ce qu'on fait en grand pour les chemins de fer. La voie du *Central Pacific* franchit la Sierra Nevada sous d'interminables galeries de bois, qui masquent la plus belle partie du paysage.

(16 kil.) seulement, en été; il est vrai qu'ils ont alors chacun un cheval.

Le canal Eureka, qui aboutit aux terrains aurifères compris entre les branches médiane et méridionale de l'Yuba, a été décrit par M. Silliman dans le mémoire cité plus haut. La largeur de ce canal est de $1^m,75$, la profondeur, de $0^m,91$, et la pente, de 16 pieds par mille (0.0033 par mètre); l'eau le remplit sur une hauteur de $0^m,84$, et le débit est alors de 3.485 *pouces* (147 mètres cubes par minute. — Voir la note A, p. 67).

Pour franchir les vallées, on fait usage soit de canaux en bois supportés par des estacades en charpente, soit de siphons renversés.

Ces canaux en bois ont une pente un peu inférieure à celle du fossé, ou une section un peu moindre, car le coefficient de frottement sur les parois étant réduit, la vitesse de l'eau, avec la même pente, y est plus grande. On les construit le plus souvent en planches de $0^m,038$ (1 1/2 pouce), maintenues par des cadres formés de poutrelles de $0^m,10$ sur $0^m,10$ et de $0^m,10$ sur $0^m,075$, placés tous les $0^m,75$ ou $0^m,90$.

L'estacade, parfois fort élevée, qui supporte ce conduit en bois, doit reposer sur un terrain solide, où l'eau ne séjourne pas, autant que possible. On carbonise d'ailleurs le pied des poteaux et les traverses posant sur le sol, afin de les garantir de la pourriture. Si l'on ne prenait pas cette précaution, il se produirait bien vite des affaissements, ce qui exigerait de grandes réparations. Des haubans, formés de simples fils de fer ou même de câbles en fil de fer, maintiennent des deux côtés, contre l'action du vent, les canaux élevés.

Au pied de l'estacade, il faut détruire ou enlever les broussailles et les troncs d'arbres tombés, afin de mettre l'ouvrage à l'abri des incendies qui éclatent parfois en été dans les forêts.

Ces canaux en bois nécessitent, d'ailleurs, des réparations continuelles, et ils durent au plus de dix à douze ans. Lorsque le courant d'eau est intermittent, et qu'ils sont soumis à des alternatives d'humidité et de sécheresse, leur durée est encore moindre.

Les grandes forêts qui couvrent les montagnes de Californie, surtout dans les vallées élevées, encore inexploitées, d'où partent les canaux, fournissent du bois en abondance pour ces ouvrages. On établit une scierie en un point convenable, et l'on peut se servir du canal lui-même, s'il est terminé à temps, pour transporter, en les flottant, les madriers au point où l'on en a besoin. Ce mode de transport est fort économique et réduit de beaucoup le prix de l'ouvrage. Au lieu de bois pour les canaux, on se sert quelquefois avec avantage de tôle, recouverte de goudron, aux points où elle peut être amenée facilement et où le bois est cher.

J'extrais du mémoire de M. Silliman la description des aqueducs *Magenta* et *National*, construits par M. Faucherie sur le parcours du canal Eureka Le premier a 425 mètres de longueur, avec une hauteur de près de 40 mètres, au point le plus élevé. Le second est long de 550 mètres et haut de 20 mètres. Le conduit de l'eau a 2^{m},10 de largeur, 0^{m},38 de profondeur, et une pente de 1 en 100. Grâce à la faible hauteur de ses parois, ce conduit offre peu de prise au vent. Ces parois sont formées de madriers de 0^{m},19 d'épaisseur et de 9^{m},10 de longueur. Les travées de charpente sont distantes, d'axe en axe, de 9^{m},10 (30 pieds), et elles sont entretoisées entre elles ; les pièces latérales de ces travées (dont la longueur est égale, ou plutôt un peu supérieure, à cause du fruit, à la hauteur de l'estacade) sont toutes d'un seul jet. Aucun échafaudage n'a été employé pour la construction de ces aqueducs ; on faisait avancer le travail progressivement, en élevant, du haut de la partie déjà construite, les travées à poser, assemblées d'avance sur le sol.

Les ouvrages de ce genre sont fort remarquables par leurs dimensions et leur légèreté; ils n'ont malheureusement qu'une durée éphémère.

Si la vallée est trop profonde, on y établit un siphon renversé, en tôle. Le siphon prend l'eau au milieu d'une petite caisse de dépôt. Il est muni en différents points de soupapes à flotteurs, qui laissent sortir l'air lorsqu'on le remplit, ou, au contraire, agissent comme appareils de sûreté pour le laisser rentrer, dans le cas où, l'eau cessant subitement d'arriver dans le tube, la masse en mouvement donnerait un coup de bélier et produirait un vide, et, sans l'action des soupapes, l'écrasement du tube (*). Un grillage, placé un peu en avant de l'entrée du tube, arrête les corps flottants. A l'époque de la chute des feuilles, spécialement, il faut que ce grillage soit fréquemment nettoyé; autrement l'eau pourrait être arrêtée.

Je citerai comme exemple le siphon qui traverse la fourche du nord (*North Fork*) de la rivière Feather, près de Cherokee (Butte county). Il a 4.300 mètres de longueur et $0^m,76$ de diamètre. L'extrémité par laquelle entre l'eau est à 299 mètres au-dessus du point le plus bas, et celle par laquelle elle sort, à 253 mètres. Mais l'eau ne s'est jamais élevée dans la grande branche du siphon, au moment du débit le plus fort, à plus de 15 mètres au-dessus du niveau de l'orifice de la petite branche : on estime que le débit était alors de 1.500 *pouces* (voir la note A à la fin du mémoire, p. 67) ou 63 mètres cubes par minute. Ce fait, que le siphon n'est pas rempli entièrement, prouve que le diamètre qu'on lui a donné est beaucoup trop grand. En profitant de toute la chute dont on dispose (46 mètres), un tube de $0^m,50$ de diamètre aurait suffi à

(*) Je donnerai quelques autres détails sur des tuyaux en tôle semblables à ceux qui forment ces siphons, en parlant des conduites qui amènent l'eau aux ajutages, dans les mines (§ 5).

assurer le même débit. A 15 mètres de l'entrée du siphon, on a placé un tube vertical pour le dégagement de l'air, entraîné avec l'eau dans la partie incomplétement remplie ; mais ce tube ne suffit pas toujours, et, par moments, l'air accumulé se dégage en masse, en rejetant au dehors une grande quantité d'eau et vidant même parfois le bassin d'où part le siphon.

Lorsque le terrain s'y prête, on établit souvent, en divers points d'un canal, de petits réservoirs intermédiaires, qui continuent à l'alimenter, dans le cas où il vient à crever en un point en amont, jusqu'à ce que la réparation soit faite. Ainsi il en existe sur le canal (*Excelsior ditch*) qui alimente les mines de Smartsville, et prend ses eaux dans la South Yuba : des postes de surveillants sont installés auprès de ces réservoirs, et un télégraphe, qui règne tout le long du fossé, permet de les avertir au besoin. En hiver, ce canal est en partie obstrué par les glaces et les neiges : mais alors il prend l'eau dans le *Deer creek*, qu'il coupe à 8 milles (13 kil.) de Smartsville, et qui a, dans cette saison, un débit assez fort.

On ménage parfois aussi des réservoirs auprès des exploitations mêmes, qui permettent d'accumuler l'eau pendant la nuit. Il y en a, par exemple, plusieurs près de North Bloomfield, établis sur les terrains aurifères mêmes : malgré la nature perméable de ces terrains, ces réservoirs tiennent assez bien l'eau, le fond étant garni d'une couche argileuse.

En jetant les yeux sur la carte du district minier de l'Yuba, on verra quel développement a pris le réseau des canaux. Partant du lac Eureka et du réservoir Faucherie, un canal, sous les noms de Weaver et Eureka, descend jusqu'aux dépôts aurifères qui sont au sud de North San Juan, en desservant en route ceux qui s'étendent entre North Bloomfield et Cherokee. D'autres canaux amènent à ces divers dépôts les eaux de la Middle Yuba, emmagasinées

dans le réservoir Rudyard. Le *Big Cañon reservoir* est aussi la source d'un canal d'une grande longueur. Enfin, au sud de la South Yuba, on en voit encore un grand nombre : il en est même parmi ces derniers qui présentent des tunnels sur leur parcours.

La construction de ces canaux est souvent très-coûteuse : je citerai par exemple les frais de premier établissement de la distribution d'eau des mines de North Bloomfield :

	francs.
Canal principal et branches (longueur 84 kilom.). . . .	2.130.000
Réservoir Bowman (*) (prix doublé : il a fallu refaire le barrage, de 300.000 fr., détruit par un incendie). . .	620.000
Barrage des South lakes.	25.000
Réservoirs de distribution (Waldron, Blair, Ruff). . . .	90 000
Total.	2.865.000

Il s'agit donc souvent de dépenser plusieurs millions de francs pour se procurer l'eau nécessaire à l'exploitation des mines.

On trouvera en outre, note B, p. 68, un relevé détaillé des dépenses d'établissement d'un canal exécuté pour la mine de Morris's Ravine, tableau qui donne aussi les dimensions des diverses parties de l'ouvrage.

§ 4. — Tunnels pour l'écoulement des eaux.

Si les travaux nécessaires pour conduire l'eau aux mines d'or sont très-considérables, ceux qui sont destinés à permettre l'écoulement de cette eau, avec les matières solides qu'elle entraîne, ne manquent pas non plus d'importance : il s'agit de percer dans le rocher des galeries souvent fort longues. Au début des exploitations, on a souvent placé ces galeries un peu au hasard, en cherchant surtout à les faire aussi courtes que possible ; mais ces premiers tunnels se

(*) Ou *Big Cañon*.

sont, en général, bientôt trouvés hors d'usage, tout le terrain qu'ils permettaient d'exploiter étant enlevé, et il a fallu en percer d'autres à un niveau inférieur.

Comme la pente de ces tunnels est nécessairement assez forte (3,5 à 4,5 p. 100), il ne faut pas, lorsque le fond d'un dépôt aurifère s'étend horizontalement sur une certaine largeur, qu'ils viennent l'atteindre au milieu de cette surface horizontale ; mais ils doivent être, en ce point, assez en contre-bas pour qu'on puisse les prolonger plus tard jusqu'au bord de cette surface, tout en les maintenant, avec une pente suffisante, dans le roc inférieur ou *bed-rock.*

La section d'un tunnel dépend de l'activité que l'on veut donner à l'exploitation, de la quantité d'eau dont on dispose, et de la durée des campagnes pendant lesquelles on en dispose. Il y a quelques années, on regardait un tunnel de $1^{m},50$ de largeur sur $1^{m},80$ de hauteur comme suffisant pour tous les cas. Mais, aujourd'hui, on leur donne jusqu'à 2 mètres de largeur sur $2^{m},40$ de hauteur, pour un seul cours de canaux en bois (*sluice-boxes*), dans lesquels l'eau s'écoule, lorsqu'on a de l'eau pendant huit ou neuf mois de l'année seulement; il reste ainsi trois ou quatre mois pour un grand nettoyage (pour recueillir tout l'amalgame formé dans le canal) et pour les réparations. Mais pour des mines qui ont de l'eau en abondance pendant toute l'année, mieux vaut avoir un tunnel beaucoup plus large, de $3^{m},50$, par exemple, et y placer un double cours de canaux en bois.

Autant que possible, on fait les tunnels en ligne droite, à cause de la difficulté du percement en courbe. Il faut les pousser jusque vers le centre du dépôt aurifère, plutôt que les faire déboucher trop près du bord, dans le but de faire entrer la mine aussitôt que possible dans la période de production; car, près du bord du dépôt, on risque de tomber sur des masses de sables mouvants ou d'argile

(*pipe-clay*), et l'on a, d'ailleurs, moins de chance de trouver des terrains riches.

Lorsque le tunnel est parvenu jusqu'au point voulu sous le terrain aurifère, on perce, dans le toit du rocher, une *cheminée* verticale ou inclinée depuis le tunnel jusqu'à ce terrain. Souvent ce point a été atteint d'avance par un puits ou une galerie inclinée, percé, depuis la surface, dans le terrain meuble, jusqu'au rocher. Avant d'établir, par la *cheminée*, la communication entre le tunnel et ce puits ou cette galerie, il faut avoir soin d'épuiser l'eau qui peut s'être accumulée au fond : l'oubli de cette précaution élémentaire a déjà causé plusieurs accidents graves. Il suffirait d'ailleurs, pour être à l'abri du danger, sans faire cet épuisement, de toujours mener, en avant du front d'abatage, un trou de sonde assez profond.

Mais lorsqu'on n'a pas percé de puits ou de galerie depuis la surface, et qu'on ignore la nature du dépôt au point où l'on va le rencontrer, il faut conduire le travail avec beaucoup de prudence. En effet, si l'on débouche imprudemment dans un des amas de sables mouvants qui existent fréquemment sur les flancs du dépôt, une masse considérable d'eau, de sable et de gravier se précipite dans le tunnel et parfois l'envahit en peu d'instants sur une grande longueur. Il s'est trouvé des cas où l'on a dû abandonner une longue section du tunnel, ainsi remplie, et refaire une nouvelle galerie à droite ou à gauche (*). Pour prévenir les accidents de ce genre, il convient de diriger la cheminée, partant du tunnel et devant percer dans le dépôt aurifère, vers la droite ou la gauche du tunnel plutôt que dans le prolongement de son axe ; il

(*) On peut placer ici l'histoire de l'homme pliocène de Californie. Un crâne humain a été trouvé au fond d'un dépôt aurifère; remonte-t-il réellement à l'époque de la formation de ce dépôt? Il paraît plus vraisemblable que c'est celui d'un ouvrier enseveli de la sorte en perçant un tunnel.

faut surtout, dès qu'on s'aperçoit, à l'abondance des infiltrations, à la couleur et à la dureté moindre du rocher, qu'on approche du dépôt, percer un trou de sonde assez long en avant du front de taille; lorsque ce trou traverse complétement le rocher, on y introduit une barre de fer longue et mince pour tâter le terrain : si cette barre s'enfonce facilement d'un mètre ou deux, c'est qu'elle pénètre dans des sables dangereux ; on est alors trop près du bord du bassin, il est prudent d'abandonner la cheminée et de prolonger plus loin le tunnel : la position latérale donnée à cette cheminée est alors avantageuse. Si, au contraire, en sondant le terrain d'alluvion, on le trouve résistant, on continue à percer, en remontant, la cheminée verticale ou oblique, dans le rocher, puis dans les alluvions jusqu'à ce que celles-ci deviennent trop meubles pour qu'on puisse continuer aisément ce travail : on fonce alors de la surface, après un levé exact, un puits qui vient rejoindre cette cheminée.

Le tunnel des mines de la compagnie de North Bloomfield, marqué en points ronds sur la carte (*fig.* 5), a 2.300 mètres de longueur et une section de 2^m,50 sur 2^m,50 dans le premier quart supérieur, et de 1^m,80 à 2^m,10 sur 1^m,80 à 2^m,10 partout ailleurs. La pente est de 4,5 p. 100. Commencé en 1872, il a été terminé à la fin de 1874. On a foncé, sur la ligne du tunnel, huit puits, dont un dans le dépôt aurifère, ce qui, avec la sortie de la galerie, donnait 16 fronts d'attaque (le premier puits étant au fond). Ce tunnel n'est pas tout à fait rectiligne, car il suit la vallée étroite de Humbug creek (rivière de la *Blague*), dans laquelle s'ouvrent les puits : les axes des diverses sections entre les puits sont, d'ailleurs, des lignes droites. Il débouche dans cette vallée non loin de celle de la South Yuba. Les puits sont rectangulaires et ont 1^m,40 sur 2^m,75. Sur chaque puits est installé un appareil d'extraction par benne et une pompe d'épuisement. Le moteur est une roue

hydraulique d'une forme particulière, qu'on appelle *hurdy-gurdy wheel* (*).

Les roches traversées sont des schistes noirs durs, et, par places, des quartzites très-durs. Pour une partie du travail on a fait usage de perforateurs à diamants. J'ai indiqué, dans une note insérée aux *Annales des mines* (7e série, t. VII, 1875, p. 475), les résultats et le coût de l'emploi de ces appareils dans ce tunnel. A la main, le prix moyen du pied de tunnel, percé à l'entreprise, était de $ 34,77 (590 francs le mètre); avec le perforateur, de $ 34 (575 fr. le mètre), et l'on allait beaucoup plus vite.

Dans la coupe de la mine Pactolus, à Smartsville (*fig.* 1, pl. I), deux tunnels sont indiqués, l'un, très-court, ayant servi à l'exploitation des parties supérieures, et l'autre, de 550 mètres de longueur, débouchant au *thalweg* du dépôt.

A French Corral, on perçait en 1874 un tunnel devant avoir 900 mètres de longueur, avec une section de $2^m,30$ sur $2^m,30$, et une pente de 8 pouces en 14 pieds ($0^m,048$ par mètre), débouchant dans la vallée de la South Yuba. Ce tunnel était attaqué par les deux bouts, à partir de la vallée de la South Yuba, et à partir d'un puits de 40 mètres de profondeur, percé dans le dépôt aurifère sur une hauteur de 10 mètres et dans le rocher sur une hauteur de 30 mètres. Du côté du puits, le percement du tunnel se faisait à la main, avec trois postes par 24 heures, de 5 hommes chacun, dont 3 mineurs et 2 rouleurs. En haut du puits, il y avait un homme pour l'extraction (au moyen d'une roue hydraulique) et les manœuvres, et un forgeron pour réparer les outils. Le travail se faisait à l'entreprise au prix moyen de $ 35 le pied (595 francs le mètre). A l'autre front d'attaque on employait un perforateur méca-

(*) Voir la note C à la fin du mémoire, p. 69.

nique à percussion (Burleigh drill), mais non sans quelques difficultés, dues à la maladresse volontaire des ouvriers.

Des tunnels de 500 à 1.000 mètres de longueur se rencontrent aujourd'hui dans un très-grand nombre de mines.

§ 5. — Des appareils qui servent à l'emploi de l'eau.

Le canal d'amenée, comme nous l'avons vu, débouche en un point élevé, aussi rapproché que possible du massif à exploiter; l'eau est, de ce point, dirigée sur le lieu même du travail au moyen d'une conduite en tôle. Cette conduite part d'un petit réservoir en bois, assez profond, dans lequel le canal verse l'eau. L'embouchure en est évasée; le point le plus élevé de cette embouchure doit être recouvert d'au moins 1 ou 2 mètres d'eau, afin que la quantité d'air entraînée soit aussi faible que possible. Cette installation est pareille, en somme, à celle des siphons. Le diamètre de ce tuyau en tôle est souvent considérable : ainsi, à Smartsville, un tuyau de 1.200 mètres de longueur, qui distribue l'eau sur son parcours à diverses exploitations, a des diamètres de 1 mètre, $0^m,90$ et $0^m,76$ successivement. Généralement, pour un débit de 1.500 à 2.000 pouces (1.050 à 1.400 litres par seconde), on adopte le diamètre de $0^m,56$, et, pour un débit de 3.000 pouces (2.100 litres par seconde), celui de $0^m,76$.

La conduite descend en ligne aussi droite que possible du réservoir où elle prend l'eau; et, à moins qu'on ne puisse faire autrement, on en maintient toujours la pente dans le même sens, de telle sorte qu'elle ne forme nulle part siphon renversé : lorsque néanmoins on ne peut éviter cette disposition, on place, au point le plus bas, des soupapes à flotteur, qui laissent rentrer l'air si un vide se produit. Ces soupapes sont en bronze, et non en bois, car le bois est sujet à se gonfler et à se coincer de telle sorte que la soupape ne puisse plus fonctionner.

Les tôles employées pour ces conduites sont très-minces : pour un diamètre de 0m,56 et une pression de 45 mètres d'eau, on fait usage du n° 16 (épaisseur, 0m,0015) ; pour une pression de 45 à 75 mètres, du n° 14 (0m,002); pour une pression de 75 à 100 mètres, du n° 12 (0m,0025). Pour un diamètre de 0m,76 et une pression de 45 mètres, on prend le n° 14; pour une pression de 45 à 85 mètres, le n° 12. Pour un diamètre de 1 mètre et une pression de 50 mètres, les tôles ont une épaisseur de 0m,006. Les différents segments d'une même conduite sont assemblés ordinairement par emboîtement et sont soit rivés ensemble, soit réunis par une couronne de petits boulons en grand nombre, soit même reliés seulement au moyen de fils de fer passant dans des crochets qu'ils présentent à cet effet. On adopte cette disposition lorsque les tuyaux doivent être fréquemment déplacés. Quelquefois les tuyaux sont munis de brides en fonte au moyen desquelles on les assemble.

La conduite, ou repose à terre sur des sommiers, ou est supportée par des chevalets, ou est enterrée, selon le relief du sol. Sur les pentes raides, on la maintient de distance en distance au moyen de cadres en bois solidement enracinés. Les tuyaux sont goudronnés extérieurement par immersion dans une préparation dù docteur Angus Smith.

L'eau est conduite aux ajutages par des tuyaux secondaires, d'un diamètre de 0m,25 à 0m,38, qui la prennent dans un *distributeur* en communication directe avec la conduite principale. Le *distributeur* est une boîte en fonte, solidement fixée au sol et munie de vannes, qu'on manœuvre au moyen de vis, et qui recouvrent à volonté les embouchures des tuyaux secondaires. D'un seul distributeur partent jusqu'à quatre de ces tuyaux. Il peut d'ailleurs s'en trouver plusieurs le long de la conduite principale, si elle débite assez d'eau. Lorsqu'on veut faire passer l'eau

d'un des tuyaux secondaires dans un autre, on commence par lever la vanne qui correspond à cet autre tuyau; à ce moment, les deux ajutages qui les terminent lancent deux jets de même force; puis on ferme lentement la vanne qui masque l'embouchure du premier tuyau, et toute l'eau s'écoule alors par le second.

Les ajutages sont des tubes en bronze ou en fonte légèrement coniques, dont le diamètre à l'extrémité rétrécie est souvent de $0^m,15$ et même de $0^m,18$. Entre l'ajutage et le tuyau qui l'alimente est interposé un joint mobile, qui permet de faire varier la direction du jet. Les systèmes de joints ont été en se perfectionnant par degrés : je les décris dans l'ordre suivant lequel ils ont fait leur apparition dans les mines :

Au début, le tuyau même, en cuir ou en toile, comme celui d'une pompe à incendie, était flexible. Lorsqu'on a fait usage d'un tuyau métallique, on a inventé le *col d'oie* (*goose-neck*) : sur le tuyau d'arrivée, recourbé verticalement, pouvait tourner, grâce à un joint horizontal, un bout de tuyau coudé en quart de cercle; une courte manche en toile réunissait l'ajutage à ce tuyau coudé. Le joint horizontal permettait de faire décrire à l'ajutage un cercle ou un arc de cercle de grande ouverture : la manche en toile lui laissait une certaine liberté de déplacement dans un plan vertical. Cet appareil avait plusieurs inconvénients graves : les coudes trop brusques diminuaient notablement la force du jet; le joint horizontal, sous l'action de la pression, était très-dur à faire jouer, et la réaction déplaçait souvent l'ajutage.

Le *Craig's globe monitor* a paru ensuite. C'est une sphère creuse avec deux ouvertures : l'une reçoit le tuyau d'arrivée d'eau; dans l'autre, percée sur le haut, se meut une calotte sphérique, d'où part l'ajutage, recourbé à la base, de manière à être horizontal dans sa position moyenne. Cette calotte sphérique est attachée par une tige à un point

fixe placé au centre de la sphère. Grâce à la mobilité dont elle jouit, on peut diriger l'ajutage horizontalement dans tous les sens et verticalement dans l'intérieur d'un angle de 40°.

Le *dictator* de Hoskin est construit d'après le même principe; seulement le joint des deux parties sphériques est extérieur, de sorte que l'eau, au lieu de les presser l'une contre l'autre, comme dans l'appareil de Craig, tend à les séparer : des garnitures convenables empêchent les fuites. Les mouvements sont, par suite, plus doux et plus faciles, les frottements étant encore diminués par une disposition meilleure de l'articulation au centre de la sphère.

Dans le *knuckle-joint and nozzle* (joint articulé et ajutage), de M. Fisher, il y a deux coudes disposés comme ceux du *goose-neck;* seulement le joint horizontal n'est pas construit de même : la face supérieure de la bride du tuyau coudé mobile porte, par l'intermédiaire d'une couronne de galets, contre le rebord inférieur d'un anneau fixé au coude du tuyau d'arrivée d'eau. On peut faire décrire au tuyau coudé supérieur un cercle complet. Le déplacement vertical de l'ajutage est obtenu au moyen du jeu de deux surfaces emboîtées, comme dans les deux appareils qui précèdent : un long levier, fixé à l'ajutage, permet de le manœuvrer aisément.

Enfin le *little giant*, inventé par M. R. Hoskin, de Dutch Flat, est réputé le meilleur de tous ces appareils. Le croquis, donné *fig.* 4, Pl. II, fait comprendre comment se produit le déplacement horizontal, autour de AA, et le déplacement vertical, autour de B. Les joints sont garnis en cuir. Un contre-poids équilibre l'ajutage. Les coudes brusques ont été soigneusement évités, et l'eau est déviée aussi peu que possible dans son trajet. Dans l'intérieur de l'ajutage, trois feuilles de tôle, dont le plan passe par l'axe (*fig.* 5, Pl. II), empêchent l'eau d'y prendre un mouvement hélicoïdal, lorsque l'ajutage fait, en plan, un angle

avec le tuyau d'arrivée, et la forcent à se mouvoir en ligne droite. Le *little giant* a bien fonctionné, avec un ajutage de $0^{m},15$, sous la pression de $132^{m},50$.

§ 6. — Travaux d'ouverture d'une mine hydraulique.

Le tunnel étant en communication avec le jour par un puits (ou une galerie inclinée) percé dans le terrain aurifère, on commence le lavage, en enlevant les cadres de boisage dans la partie supérieure du puits et en élargissant l'orifice à la pioche et à la pelle, et avec l'aide d'un courant d'eau, qui entraîne toutes les matières dans le tunnel. Il faut avoir bien soin de ne pas le laisser s'obstruer, en ne faisant pas tomber trop de matières solides à la fois et en entretenant un courant d'eau assez fort. Quand on a ainsi produit à la bouche du puits une cavité assez large, sur une certaine profondeur, on continue de même jusqu'à une profondeur plus grande, mais sur une largeur moindre, de manière à former un gradin. On continue à s'enfoncer ainsi de suite jusqu'à la base du terrain aurifère, en ménageant toujours des gradins, afin d'éviter autant que possible les éboulements. On arrive ainsi à faire une ouverture qui permettra l'emploi de l'eau sous forte pression.

Si, pendant qu'on fait ce travail, on continue à pousser le tunnel plus loin, il faut ménager pour les ouvriers mineurs au rocher une voie de sortie spéciale, et les mettre à l'abri des conséquences d'une obstruction du tunnel. A cet effet, on construit dans le puits (qui doit alors être élargi) un compartiment étanche solidement boisé, dans lequel on place des échelles.

Bien des dépôts aurifères sont assez favorablement situés pour qu'on puisse en exploiter les parties supérieures sans recourir à un tunnel. Souvent alors on commence immédiatement l'exploitation de ces parties supérieures, pendant que d'autre part on perce le tunnel qui permettra

de prendre les parties inférieures. On arrive ainsi beaucoup plus tôt à faire produire quelque chose à l'exploitation, et les frais du tunnel peuvent être couverts en totalité ou en partie. De plus, — et c'est là le point le plus important, — si le dépôt a une grande épaisseur, 80 ou 100 mètres par exemple, il n'est guère possible de l'exploiter en le coupant verticalement sur toute cette hauteur; il faudra ménager au moins deux gradins : c'est ce qu'on fait alors tout naturellement en exploitant, sans tunnel, les parties supérieures.

Ce que je viens de dire sur les travaux nécessaires pour l'*ouverture* d'une mine suppose qu'on est dans un terrain vierge. Mais lorsque de grandes excavations ont déjà été faites dans les sables aurifères, lorsque d'autres exploitations ont déjà été ouvertes, on a beaucoup moins de difficultés à surmonter. Souvent alors, au lieu de faire communiquer le tunnel avec le dépôt aurifère au moyen d'un puits, on perce dans le rocher inférieur, à ciel ouvert, des tranchées en pente assez douce pour recevoir aussi des *sluice-boxes*, dans lesquelles on peut faire tomber le gravier aurifère des deux côtés.

Lorsque l'extrémité du tunnel est à une certaine profondeur au-dessous du dépôt aurifère dans le *bed-rock*, il est préférable, au lieu d'y faire tomber les matières par un puits vertical, de les faire descendre en cascade de gradin en gradin. On pense qu'on arrive ainsi (bien que cela ne soit pas parfaitement prouvé) à mieux utiliser cette chute pour la désagrégation des matières entraînées. Les gradins sont disposés de telle sorte que les hauteurs successives de chute aillent en diminuant de haut en bas. Par exemple, pour une chute totale de 30 mètres, le premier gradin aura 9 mètres, le 2ᵉ, 7ᵐ,50, le 3ᵉ, 6 mètres, le 4ᵉ, 4ᵐ,50, le 5ᵉ, 2ᵐ,25, et le 6ᵉ et dernier, 0ᵐ,75.

C'est afin de pouvoir ménager aisément ces gradins qu'il est préférable, dans le cas d'une grande profondeur, de

réunir le tunnel au dépôt aurifère par une galerie inclinée plutôt que par un puits vertical.

§ 7.— Travaux réguliers d'exploitation d'une mine hydraulique.

Lorsqu'une ouverture d'une certaine largeur a été pratiquée dans le dépôt aurifère par les moyens que je viens de décrire, de manière qu'il soit coupé suivant un talus vertical ou plusieurs talus verticaux séparés par des gradins, les travaux réguliers d'exploitation peuvent commencer. Au début, les divers gradins ne sont pas en général séparés par une distance verticale bien considérable, parce que les éboulements seraient très-gênants dans l'étroit espace où ils sont creusés; plus tard, ou bien lorsque le terrain est déjà découvert d'un côté, on arrive à avoir des talus fort élevés, mais ne dépassant pas, en général, 40 mètres de hauteur.

Pour attaquer par l'eau le gravier ou conglomérat, on dispose l'ajutage devant le talus à une distance suffisante pour qu'il ne puisse être atteint par les éboulements; puis on ouvre la vanne du distributeur. L'eau s'échappe avec une force croissante, à mesure que l'orifice du tuyau se démasque, et, au bout de quelques minutes, quand la vanne est complétement levée, un jet d'eau de 0^{m},12 à 0^{m},17 de diamètre (correspondant à un débit de 500 à 1.000 pouces, soit 350 à 700 litres par seconde) va frapper l'escarpement avec une force prodigieuse. Ce jet d'eau, lancé par un bon ajutage, garde sa forme cylindrique presque sans épanouissement sur toute sa longueur. L'effet ne tarde pas à se produire; le jet, qui, au premier moment, a rejailli dans toutes les directions, pénètre bientôt dans l'intérieur de la masse de gravier, et l'eau ressort en bouillonnant, entraînant pierres, sable, argile. L'ouverture s'agrandit : des masses de gravier tombent de tous les côtés ; une sorte de voûte se forme dans le talus. On coupe les pieds-droits de

cette voûte avec le jet d'eau, convenablement dirigé, et bientôt un éboulement se produit. L'eau, lancée en abondance par l'ajutage, entraîne les matières éboulées. Les masses de conglomérat ou d'argile, trop dures ou trop plastiques pour être désagrégées par l'eau, sont divisées soit au pic, soit à la mine, au moyen de petites charges de dynamite introduites au fond de trous, faciles à percer dans ces matières. Les blocs de roches qui se trouvent au milieu des dépôts aurifères sont trop gros pour être entraînés par l'eau; pour s'en débarrasser, on les enlève et on les accumule en un certain point. Le transport, aussi court que possible, se fait au moyen de charrettes, de brouettes ou de wagonnets sur rails. On emploie aussi des grues pour déplacer ces blocs et les éloigner du front d'attaque; par exemple, à la mine du *Bed-ro:k* (entre French Corral et Birchville), on fait usage de grues de grandes dimensions, qui se composent d'un mât vertical pouvant tourner sur un pivot, et dont le sommet est amarré de divers côtés par des haubans; un bras oblique part du pied de ce mât et est fixé au sommet par un câble. Dans tous les cas, il faut choisir avec soin l'emplacement des dépôts et ne pas laisser les ouvriers placer au hasard les matières encombrantes. Au début de l'exploitation, on n'a généralement pas de place pour établir de semblables dépôts; alors on divise à la mine les blocs en morceaux que l'eau entraîne dans les *sluice-boxes.* On se débarrasse des troncs d'arbres, que l'on trouve parfois, comme des blocs de rochers.

On cherche à avoir aussitôt que possible un front d'attaque étendu, afin de pouvoir multiplier le nombre des ajutages, qu'on porte à 2, 3 et plus, selon la quantité d'eau dont on peut disposer et l'importance des installations.

Ces ajutages, dont les tuyaux partent d'un même distributeur, peuvent ouvrir un *feu croisé* sur tous les points situés

dans un rayon de 60 mètres environ autour de chacun d'eux, et produire ainsi un effet très-puissant.

A mesure que le front d'attaque s'éloigne de la *cheminée* qui communique avec le tunnel, on pratique, pour l'écoulement de l'eau avec les matières solides, des canaux en pente, qu'on approfondit de plus en plus.

Les graviers aurifères sont souvent trop durs pour être facilement attaqués par les jets d'eau ; souvent aussi, lorsqu'on n'a pas ménagé de gradins, ils forment des escarpements très-élevés et l'on ne peut placer avec sécurité les ajutages assez près pour obtenir un bon effet de l'eau, crainte des éboulements. On a recours dans ce cas à la poudre pour désagréger d'avance ces graviers. La poudre est placée soit dans des galeries à une ou plusieurs branches perpendiculaires (en forme de T), soit dans des puits avec galeries au fond, soit enfin dans des puits élargis dans le bas en forme de bouteille. Les charges de poudre sont considérables ; on en a employé de 25.000 kilog. et plus.

Pour un talus vertical de 25 à 30 mètres de hauteur, on mène une galerie perpendiculaire à ce talus de 30 mètres de longueur, aussi étroite que possible, de $0^{m},90$ sur $1^{m},20$. A partir de cette galerie, on pousse des branches latérales qui peuvent être un peu plus larges ; l'une est à 19 mètres de l'ouverture, l'autre, plus longue, est au fond (*fig.* 9, Pl. I). La longueur de la première galerie est à peu près la même que la hauteur du talus, de manière que, lors de l'explosion de la poudre, les résistances soient à peu près égales dans tous les sens ; autrement, on pourrait obtenir soit un arrachement de la surface antérieure seulement, soit au contraire un fontis dans le plateau supérieur. On place la poudre dans des auges disposées le long de ces branches latérales ; on en mettra 4.500 kilog. dans la galerie AB et 2.250 dans la galerie CD.

L'explosion est produite au moyen d'un appareil élec-

trique. On dispose dans la poudre une série de capsules dans lesquelles aboutissent les fils. On met une capsule pour chaque masse de 500 kilog. de poudre environ.

Une fois la poudre, les capsules et les fils mis en place, on bouche la galerie principale en construisant d'abord un barrage en charpente au point où se détache la première branche perpendiculaire CD et remplissant ensuite complétement cette galerie de sable depuis ce point jusqu'à l'entrée.

L'explosion déplace et désagrège, dans le cas actuel, 50 à 60.000 yards cubes (40 à 45.000 mètres cubes). Il y a avantage à employer une forte charge de poudre, car la masse est bien mieux divisée et l'exploitation ultérieure beaucoup plus facile. Pour un talus plus élevé, on peut multiplier le nombre des galeries en en plaçant quelques-unes en retour, s'embranchant sur celle du fond.

Les puits avec galeries au fond s'emploient de même pour faire sauter des masses coupées à pic; ils sont plus faciles à boucher, une fois la poudre mise en place, que les galeries horizontales.

Lorsque les puits ou galeries sont humides, on fait usage de boîtes goudronnées bien imperméables pour placer la poudre : ces boîtes sont munies de couvercles à travers lesquels passent les fils.

C'est pour faire sauter des lambeaux de gravier inférieurs, de 3 à 6 mètres d'épaisseur, qu'on fonce des puits en forme de bouteille. On leur donne $1^m,20$ à $1^m,50$ de diamètre, puis on les élargit au fond en enlevant une couronne de $0^m,60$ à $0^m,90$ d'épaisseur. C'est dans la partie ainsi élargie qu'on met la poudre. Au centre, on dispose un tas de blocs de pierre, sur lequel repose le sable qui bouche le puits, sans pénétrer jusqu'à la poudre. L'explosion désagrège le terrain dans un rayon de 5 à 6 mètres autour du puits.

Au lieu de poudre ordinaire, on fait parfois usage de

dynamite (*giant powder*); on emploie le n° 2, composé de 40 parties de nitroglycérine, 20 de silice, 10 de nitrate de soude, 20 de résine et 10 de soufre. Par exemple, dans les galeries représentées *fig.* 9, Pl. I, où l'on aurait placé 6.750 kilog. de poudre ordinaire, on mettra 1.150 kilog. de cette dynamite, en 5 charges de 230 kilog. chaque. Il faut alors complétement boucher les galeries autour de chaque charge, de manière à ne laisser aucun espace vide.

Les quantités d'eau et de poudre nécessaires pour l'exploitation d'un volume donné de terrain aurifère en place sont extrêmement variables, selon sa dureté et sa position. On peut dire que l'on est dans des conditions favorables lorsque 10 mètres cubes d'eau suffisent pour 1 mètre cube de graviers. Il est assez rare que la quantité d'eau nécessaire descende au-dessous de ce chiffre, mais souvent elle le dépasse beaucoup et atteint parfois celui de 40 mètres cubes pour 1 mètre cube de matières solides. On estime, d'ailleurs, que, pour entraîner 1 mètre cube de matières solides dans un conduit incliné de 4 p. 100, il faut au minimum 7 mètres cubes d'eau.

Quant à la poudre, si dans certains cas on n'en brûle pas, sauf pour diviser quelques masses agglomérées, d'autres fois on en consomme jusqu'à 0k,5 par mètre cube et même davantage.

Il est donc impossible d'indiquer des moyennes générales de ces consommations. On en trouvera plus loin divers exemples particuliers (§ 13).

§ 8. — Canaux d'amalgamation.

Les matières solides entraînées par l'eau, sables, gravier, argile, galets souvent très-gros, s'écoulent par les canaux en bois appelés *sluice-boxes*. M. Waldeyer compare l'influence de ces canaux sur le produit de l'exploitation à

celle des voies de communication sur le commerce d'une province. De même que la construction d'un chemin de fer vient ouvrir un large débouché aux produits de la province, produits que la route de terre ne pouvait transporter qu'en partie, de même des *sluice-boxes* bien établis augmentent dans une large mesure l'activité de l'exploitation d'une mine d'or. Ces canaux en bois (*fig.* 6 et 7, Pl. II) ont une largeur de $0^m,90$ à $1^m,80$, sur une profondeur de $0^m,90$ à 1 mètre. Ils sont construits en planches de $0^m,03$ à $0^m,05$ d'épaisseur, reposant tous les $0^m,90$ à $1^m,20$ sur des cadres formés d'une traverse horizontale inférieure et de deux montants verticaux, avec jambes de force dans les angles. Ces pièces ont un équarissage de $0^m,10$ sur $0^m,10$, ou de $0^m,08$ sur $0^m,14$, ou de $0^m,10$ sur $0^m,15$. La traverse inférieure repose sur des pierres ou sur des longrines longitudinales posées sur le sol. Souvent on cloue sur les deux bords supérieurs du canal deux cours de planches de $0^m,20$ de largeur, reposant sur les abouts des montants des cadres; ces planches permettent de circuler le long des *sluices* et de faire rouler un petit wagonnet dont les roues s'appuient des deux côtés.

La question de la pente est la plus importante. On l'évalue par le nombre de pouces de chute en 12 pieds, quelquefois en 14 pieds, telle étant la longueur des diverses sections de canaux en bois qui forment l'ensemble. Cette pente varie de 3 à 9 pouces par 12 pieds ($0^m,021$ à $0^m,062$ par mètre). Dans le premier cas, il faut avoir de l'eau en abondance (et à bon marché) pour compenser le défaut de pente; dans le second, au contraire, l'excès de pente supplée, dans une certaine mesure, à la rareté de l'eau. Une pente moyenne entre les deux précédentes, 6 pouces par 12 pieds ($0^m,042$ par mètre) est très-convenable; cependant, des pentes de 4,5 et de 5 pouces ($0^m,031$ et $0^m,035$ par mètre) donnent dans beaucoup de mines d'excellents résultats.

Un canal de 1.800 mètres de longueur (dont 500 mètres en tunnel), sur $1^m,50$ de largeur, en construction l'année dernière à la mine Manzanita (entre French Corral et North San Juan), avait une pente de $0^m,05$ dans la section à ciel ouvert et de $0^m,042$ sous le tunnel.

Nous verrons, un peu plus loin, qu'on établit en divers points de la ligne de *sluice-boxes* divers appareils qui exigent une certaine chute, et qui sont très-avantageux pour l'extraction de l'or : il y a, par conséquent, avantage à réduire quelque peu la pente des *sluice-boxes*, si cela est nécessaire, pour se procurer l'excès de chute qu'exigent ces appareils.

Le fond des *sluice-boxes* est garni soit de blocs de bois, soit de pierres, présentant des interstices dans lesquels se logent le mercure et l'or. Le garnissage du premier genre est formé de blocs carrés de bois de sapin, ayant une hauteur de $0^m,20$ à $0^m,25$ sur un équarrissage variable, par exemple, $0^m,45$ sur $0^m,45$ à la mine Manzanita. Ces sortes de pavés en bois forment une série de rangées transversales, composées chacune de 2 à 4 blocs contigus, selon la largeur du canal; mais les différentes rangées transversales ne se touchent pas et sont séparées par des intervalles d'un pouce et demi ($0^m,038$). Pour ménager ces intervalles, on place contre les blocs, au bas de chaque rangée, des planches d'un pouce et demi d'épaisseur et de $0^m,15$ de hauteur; ces planches sont fixées aux blocs au moyen de clous sans tête qui les traversent et dont les deux pointes pénètrent dans les blocs de deux rangées consécutives : on commence par clouer la planchette sur une première rangée de blocs, sans chasser les clous à fond; puis, sur les pointes qui ressortent, on enfonce les blocs de la rangée suivante : ils sont, de la sorte, tous reliés entre eux. Sur les parois intérieures des *sluice-boxes*, on cloue un cours de planches, afin de protéger ces parois contre l'action destructive des galets qui parcourent le canal. Ces planches descendent assez bas pour

toucher les planchettes transversales qui séparent les blocs, de manière à les empêcher de se soulever.

Pour le garnissage en pierres (*fig* 6 et 7, Pl. II), on emploie des morceaux plats de pierres dures, par exemple des fragments de roches schisteuses. La hauteur de ce revêtement est de $0^m,25$ à $0^m,35$: c'est la tranche des pierres qui forme la surface supérieure ; elles sont légèrement inclinées en sens contraire du courant. (Voir la *fig*. 7.) Ce garnissage est établi par sections séparées, de 2 mètres à $2^m,50$ de longueur, contenues entre de solides planches transversales fixées aux parois ; on prévient ainsi la destruction totale, de proche en proche, du pavage, dans le cas où quelques pierres viendraient à être déplacées par le courant. On cloue de même sur les parois du canal un ou deux cours de planches, de manière à les protéger et à maintenir en place les pierres qui sont serrées par-dessous.

Lorsque le canal est en courbe, on en relève légèrement le bord extérieur, afin que l'eau se distribue également sur toute la largeur et ne creuse pas de rigole dans le pavage du côté extérieur de la courbe.

Le pavage en bois est employé plutôt dans les tunnels, et celui en pierres dans les parties à ciel ouvert. Le bois coûte plus cher et s'use plus vite ; mais on l'enlève et on le remet en place beaucoup plus vite que les pierres. Or il faut faire de temps en temps cette opération pour recueillir l'amalgame qui s'est formé. Dans les tunnels on n'a généralement qu'un seul cours de *sluice-boxes ;* il faut alors interrompre le travail de la mine pour recueillir l'amalgame, et il y a intérêt à réduire autant que possible la durée de cette interruption.

Au jour, au contraire, pour une exploitation très-active, on établit souvent un double cours de *sluice-boxes*, qu'on peut fermer en tête au moyen de vannes : on fait passer le courant à volonté dans l'un ou dans l'autre, et l'on peut

faire tout à loisir les opérations de déplacement des pierres.

On estime le prix de la construction et du pavage en pierres d'une ligne de *sluice-boxes* de 0^m,80 de largeur et de 0^m,90 de hauteur, y compris un petit travail de terrassement (mais sans rocher à faire sauter), à $ 1,25 le pied, soit 19^f,50 le mètre, lorsque le bois coûte $ 20 les 1.000 pieds (*) (44 francs le mètre cube), prix encore assez fréquent dans diverses parties de la Californie, mais qui tend à s'élever. Ainsi, à French Corral, en 1874, le bois revenait à $ 22,50 les 1.000 pieds. Les *sluice-boxes*, dont le devis est donné à la fin du tableau de la note B, ont coûté environ 15 dollars le mètre.

Les *sluice-boxes* ne sont pas les seuls appareils employés pour recueillir l'or : à cause de la rapidité du courant qui les parcourt, ils en laisseraient échapper une grande quantité.

Une simple chute verticale, soit d'un seul jet, soit sur des gradins de moins en moins hauts, ainsi que je l'ai déjà expliqué, a une influence favorable en désagrégeant les matières. Lors donc que le profil du sol le permettra, on pourra établir des chutes de ce genre. Lorsque le terrain offre une déclivité brusque, on l'utilise généralement pour construire en outre un *grizzly*. C'est une grille à gros barreaux (de vieux rails servent très-bien à faire ces barreaux) espacés de 0^m,15 environ ; le courant passe à travers cette grille et retombe au-dessous dans une grande boîte en bois, d'où repart un nouveau cours de *sluice-boxes*. Toutes les grosses pierres sont arrêtées par cette grille, dont les barreaux sont placés en long et inclinés à

(*) Le *pied* de bois est le volume d'un pied carré sur un pouce d'épaisseur (0^{mc},00237). Quant aux planches dont l'épaisseur est moindre qu'un pouce, on les compte comme si elles avaient un pouce.

30 degrés, de sorte que les pierres glissent dessus et sont rejetées. Il faut d'ailleurs que la déclivité du sol soit assez prononcée pour que ces pierres roulent à une certaine distance et ne s'accumulent pas auprès de la grille, qu'elles finiraient bien vite par obstruer. On débarrasse ainsi les *sluice-boxes* d'une grande quantité de matières stériles et encombrantes.

Pour établir un *under-current*, on dispose une large boîte plate ou table, sur laquelle on fait passer les parties les plus fines entraînées par le courant. Le fond en est garni soit d'une série de petites planches transversales, très-rapprochées, posées de champ avec une légère pente en sens contraire du courant, soit de blocs en bois ou même de pierres comme les *sluice-boxes*, soit quelquefois de planchettes tranversales clouées horizontalement en laissant de petits intervalles entre elles. Souvent même, dans la même boîte, on trouve successivement ces divers modes de garnissages. A la mine Pactolus, près de Smartsville, les tables des *under-currents* ont 3 mètres de largeur sur 10 à 20 mètres de longueur. Les planchettes transversales ont $0^m,10$ de hauteur, $0^m,05$ d'épaisseur, et sont séparées par des intervalles de $0^m,025$.

La pente est de 7 1/2 à 8 pouces par 12 pieds (5,25 à 5,50 p. 100); dans d'autres mines, cette pente est souvent plus forte et atteint 8 p. 100. Une ouverture dans le fond d'un *sluice-box*, garnie de barreaux transversaux espacés de $0^m,01$ à $0^m,02$, laisse tomber une partie de l'eau avec les matières les plus fines. Ce courant dérivé est distribué sur toute la largeur de la table de l'*under-current* par quelques taquets en bois placés en tête. Après avoir coulé sur toute la longueur de cette table, l'eau tombe dans une caisse, où elle se réunit au courant qui a continué à suivre les *sluice-boxes*, et d'où repart une nouvelle ligne de ces *sluice-boxes*. Cette caisse, garnie d'un fort pavage en pierres, a souvent un excès de profondeur au-dessous du point

où les eaux se déversent; une certaine quantité d'amalgame se rassemble dans la partie creuse ainsi ménagée.

Sur toute la longueur de l'*under-current*, on donne aux *sluice-boxes* une largeur un peu moindre et une pente plus forte; il faut en effet qu'une quantité d'eau réduite y entraîne la même masse de matières solides (sauf les plus fines, ce qui ne fait pas une grande différence).

Les barreaux des grilles des *sluice-boxes*, pour *under-currents*, sont en acier ou en fonte coulée en coquille. Les *fig.* 7 et 8, Pl. I, représentent ceux qu'on emploie à la mine Pactolus; ils sont en fonte et, en les posant de façon que leurs talons se touchent, ils laissent entre eux, quand ils sont neufs, des intervalles de $0^m,01$. On s'en sert jusqu'à ce qu'ils soient usés sur la moitié de leur hauteur environ, ce qui porte les intervalles à $0^m,02$. Si on les trouve un peu trop rapprochés quand ils sont neufs, on les espace au moyen de cales minces en bois. Une grille se compose de 10 de ces barreaux, reposant sur les côtés d'un cadre en fonte. Il y a, pour un *under-current*, une ou quelquefois deux de ces grilles. Une vanne placée en dessous de ces grilles permet de régler la sortie de l'eau.

On établit des *under-currents* en divers points de la ligne de *sluice-boxes*, aux points où la pente du terrain le permet. Il est avantageux d'en avoir plusieurs.

A la mine Pactolus, sur une ligne de *sluice-boxes* d'un kilomètre (dont 425 mètres en tunnel), avec une pente de 6,5 à 7,5 pouces par 12 pieds (4,5 à 5,2 p. 100), il y a trois *under-currents*; on en installerait d'ailleurs davantage et l'on allongerait la ligne de *sluice-boxes*, si la chute dont on dispose le permettait. On retrouve en effet de l'amalgame jusque dans les derniers *sluice-boxes*, ce qui prouve qu'il s'en perd au bout.

A la mine Manzanita, on construisait l'année dernière une ligne de *sluice-boxes* de 1.800 mètres de longueur, suivie de six *under-currents*. Grâce à ces installations, des

particules d'or, qui seraient autrement perdues, s'amalgament et se fixent. Si ces lignes de *sluice-boxes* sont parfois d'une grande longueur, par contre, lorsqu'il s'agit d'exploiter des dépôts d'une richesse très-faible, on se contente souvent d'un développement bien moindre. Ainsi, à *Columbia hill*, entre North Bloomfield et Cherokee, on considérait comme suffisante pour exploiter les parties supérieures assez pauvres du dépôt, une ligne de *sluice-boxes* de 300 mètres de développement, avec une pente de 10,5 pouces en 12 pieds (7 p. 100). Au moyen d'une pente aussi forte, on cherche surtout à entraîner, avec une quantité donnée d'eau, une quantité de matières aussi grande que possible.

Au début d'une campagne, avant de placer le mercure dans les *sluice-boxes*, il faut commencer par remplir de sable, d'argile, de petits cailloux, les divers interstices entre les blocs de bois ou les pierres : pour cela, on fait un premier lavage pendant une journée ou une demi-journée, en choisissant naturellement une partie du dépôt aussi pauvre que possible. On met alors une première charge de mercure assez forte : pour des *sluice-boxes* de 1.500 mètres de longueur, on en emploie 225 à 275 kilog. On répand le métal en pluie le long des *sluice-boxes*, au moyen d'une sorte d'arrosoir en fer ; on en verse naturellement une proportion plus grande dans les sections supérieures, car le courant en fait descendre une certaine quantité. On continue ensuite à ajouter du mercure, une ou deux fois par jour, 45 kilog. environ par jour, dans l'exemple choisi. Parfois, comme à la mine Pactolus, on diminue progressivement les charges quotidiennes, puis on n'en fait plus que tous les deux jours et plus du tout pendant les dix ou quinze derniers jours d'une campagne. En principe, pour bien recueillir l'or, il faut mettre beaucoup de mercure. Avec des *sluice-boxes* de 1.500 mètres de longueur, on considère qu'en moyenne un approvisionnement de 3.470 kilog. de

mercure (100 bouteilles ou *flasks*) est suffisant pour une campagne de six mois (car dans les nettoyages partiels, qui ont lieu de temps en temps, on retire du mercure qui sert de nouveau). On charge en même temps de mercure les tables des *under-currents*.

Une ou deux fois par mois on recueille l'amalgame qu s'est formé dans la partie supérieure de la ligne de *sluice-boxes*, garnie de blocs en bois. On commence, au moyen d'un courant d'eau pure assez fort, pour faire descendre les pierres et galets, puis on ne laisse plus couler qu'un petit courant d'eau. On enlève alors les blocs successivement, de haut en bas, en les lavant avec soin; on les dépose le long des *sluice-boxes*, tout près de leur place. Tous les 30 mètres environ, on établit un barrage dans les *sluice-boxes*, au moyen d'une planche à joints lutés. L'eau accumule contre cette planche l'amalgame avec l'excès de mercure, mélangé de sable. On enlève ce mélange à la pelle et on le place dans des baquets. Au moyen de balais et de grattoirs, on recueille l'amalgame qui s'est logé dans les fentes du bois. On lave à la main l'amalgame dans des *pans* (*), pour le débarrasser du sable.

On recueille ainsi, dans la section supérieure de la ligne de *sluice-boxes*, une grande partie de l'or que produit la mine. Une ou deux fois par an, on fait, de même, un nettoyage général de toute la conduite.

§ 9. — Traitement de l'amalgame.

L'amalgame recueilli dans les *sluice-boxes* et autres appareils n'est pas un composé pur de mercure et d'or avec une certaine proportion d'argent : il contient divers métaux étrangers, du plomb (**) spécialement. Pour le puri-

---

(*) Voir la note D, p. 71.

(**) L'origine attribuée à ce plomb par M. Waldeyer est assez bizarre : ce seraient les chasseurs, en tirant sur les cailles et les

fier, on le triture d'abord dans un bain de mercure : les métaux étrangers se rassemblent à la surface du bain. On sépare ensuite l'amalgame de l'excès de mercure en le pressant dans une toile, puis on le traite par l'acide sulfurique étendu (1/3 d'acide et 2/3 d'eau), à une douce chaleur. On le débarrasse ainsi des dernières parties de plomb et on le lave enfin à l'eau pure.

Les divers résidus, plombeux et autres, sont traités par l'acide nitrique qui forme du nitrate de plomb et laisse un peu d'amalgame.

On distille l'amalgame purifié dans une cornue en fonte, qui est soit un tube horizontal, soit un vase tronconique, à couvercle mobile. Un tuyau de fer, souvent entouré d'un manchon à courant d'eau, part du couvercle et débouche dans un seau d'eau, très-près de la surface du liquide, afin d'éviter les absorptions. Avant d'introduire l'amalgame dans la cornue, on la garnit intérieurement d'une couche mince d'argile, qui empêche l'or d'adhérer à la fonte. On emploie souvent, comme combustible, de vieux blocs de bois qui ont servi à paver des *sluice-boxes;* en lavant les cendres qu'ils donnent, on recueille un peu d'or dont ils s'étaient imprégnés.

L'or, résidu de la distillation, est fondu au creuset, dans un four à vent au charbon de bois, et coulé en lingots, sur lesquels on frappe le nom de la mine et leur poids. Ces lingots sont souvent d'une grande pureté relative : ainsi, à la mine Pactolus, près de Smartsville, le titre varierait de 953 à 962; c'est surtout de l'argent qui est allié à l'or. Il paraîtrait même que les lingots les moins riches en or sont ceux qui proviennent des couches supérieures.

Ces lingots sont vendus sur le marché de San Francisco, où il existe une usine de raffinage. La méthode particulière de traitement qu'on y suit est décrite note E, p. 73.

lapins, qui l'auraient semé, par centaines de livres, sur les collines de Californie !

§ 10. — Sur la proportion d'or perdue dans l'exploitation hydraulique et les moyens de la réduire.

Il est fort difficile d'estimer, avec quelque précision, quelle est la proportion d'or perdue dans l'exploitation hydraulique. Certaines portions de l'or échappent à l'amalgamation, et, d'autre part, une certaine quantité de l'amalgame déjà formé est entraînée hors des canaux. Toutes choses égales d'ailleurs, cette proportion d'or perdue doit varier avec l'état du métal dans son gisement : elle est certainement moindre s'il est en grains que s'il est en particules excessivement fines et légères, formant ce qu'on appelle le *flourgold*, l'or en farine. Il est d'ailleurs plus abondant sous cette dernière forme que sous la première dans la plupart des mines hydrauliques. Le métal se trouve souvent à l'état d'*or rouillé* (*rusty gold*), non attaqué par le mercure, et alors, s'il adhère à des matières de faible densité, il est entraîné tout le long des *sluice-boxes* et rejeté.

Il arrive souvent aussi que des morceaux de conglomérat soient rejetés de même sans avoir été désagrégés, et l'on retrouve parfois un grand nombre de ces morceaux arrondis en boule, dans les débris des mines. Des pelotes d'argile ne se désagrègent pas facilement non plus ; et, outre l'or qu'elles renferment, elles peuvent même, dans leur parcours le long des *sluice-boxes*, en ramasser des fragments qui se collent après elles, comme des échantillons du fond de la mer se collent au suif des plombs de sonde.

Dans les mines exploitées avec le plus de soin, la perte de mercure est de 12,5 à 15 p. 100 sur la quantité mise dans les *sluice-boxes*. Il est difficile d'admettre que la proportion d'or perdu soit moindre ; au contraire, on supposerait avec plus de vraisemblance qu'elle est plus considérable.

Le plus souvent, les débris rejetés par les mines tombent dans le domaine public, et parfois ils sont exploités

avec profit. Un exemple fameux est celui du Slate Creek, affluent de la branche nord de l'Yuba, dans le comté de la Sierra. Cette rivière, dans la partie supérieure de son cours, coule du nord au sud entre deux lignes de dépôts aurifères anciens activement exploités. Pendant vingt-deux ans les débris des mines s'y sont accumulés, sans compter ce que les actions naturelles avaient pu y amener antérieurement, et ces alluvions s'étendent tout le long de la rivière, sur une largeur de 50 à 250 mètres et une profondeur de 5 à 20 mètres. Pendant longtemps on n'a pas soupçonné la valeur de ce dépôt ; un jour on a fait un essai et l'on a trouvé une teneur en or très-considérable. Le mercure existe aussi en forte proportion dans ces alluvions. On s'est mis alors à les exploiter activement, et deux compagnies importantes se sont formées à cet effet. Les résultats de l'exploitation sont très-avantageux, d'autant plus qu'on a l'eau, qui s'écoule des mines supérieures, pour rien et en abondance.

M. Waldeyer a examiné avec soin les causes de la perte d'or, et il propose divers perfectionnements à l'installation ordinaire des *sluice-boxes*, qui, sans nul doute, donneraient de très-bons résultats.

Il fait observer d'abord que la quantité de matières lavées avec une quantité donnée d'eau est généralement beaucoup trop grande : il faudrait augmenter la proportion d'eau. Si l'on se reporte en effet au moyen primitif de lavage des sables aurifères, le lavage avec le *pan* (voir p. 71), lorsque l'on traite avec cet instrument beaucoup de sable avec une faible masse d'eau, employée plusieurs fois de suite, cette eau devient boueuse, et l'or se sépare alors beaucoup moins bien des matières stériles. Pour obtenir un bon rendement avec le *pan*, il faut au contraire avoir toujours de l'eau limpide. Il en est sans doute de même dans les *sluice-boxes*, et lorsque l'eau qui les parcourt est trop boueuse, l'or doit se fixer moins facilement.

Pourquoi, ensuite, les *sluice-boxes* ne sont-ils pas beaucoup plus larges, comme les tables des *under-currents*, par exemple, de manière à être parcourus par un courant d'eau beaucoup moins impétueux? On se rapprocherait ainsi davantage du système rationnel, suivi depuis les temps les plus anciens de l'histoire, pour recueillir l'or charrié par les rivières, qui consiste à verser la matière aurifère, entraînée par un petit courant d'eau, sur une surface inclinée munie d'aspérités, qui arrêtent les particules d'or. Mais la réponse est bien simple : une telle disposition est impossible, parce que le courant doit être assez fort pour entraîner dans les *sluice-boxes* les plus grosses pierres.

Partant de ces considérations, on pourrait remédier, dans une certaine mesure, aux défauts de la méthode actuelle en ajoutant, de distance en distance, de l'eau claire au courant troublé, et en séparant complétement les matières fines des grosses de la manière suivante :

Au point où la ligne de *sluice-boxes* sort du tunnel, on établirait une grille pareille à celles qui servent pour les *under-currents;* on séparerait ainsi en deux parties le courant, les matières les plus fines traversant la grille. A chacun des deux courants partiels, on ajouterait une certaine quantité d'eau, la proportion primitive d'eau, divisée en deux parties, devenant trop faible dans chacun d'eux.

Les matières fines ainsi séparées seraient entraînées le long d'une seconde ligne de *sluice-boxes*, qui serait moins inclinée que la première, ne recevant que des matières fines avec beaucoup d'eau. Par suite de cette réduction de pente, la seconde ligne de *sluice-boxes* aurait gagné sur la première, au bout d'un certain parcours, une hauteur de chute suffisante pour l'établissement d'un *under-current*, qui séparerait des matières fines les sables les plus fins. Au même endroit on établirait de nouveau une grille sur la première ligne de *sluice-boxes*, pour isoler les matières fines provenant du choc des gros fragments, et les envoyer

dans la seconde ligne de *sluice-boxes*. On ajouterait encore de nouvelles quantités d'eau. On répéterait de même ces installations de distance en distance, les matières fines, une fois séparées, ne se mêlant plus jamais avec les grosses, comme elles le font avec les *under-currents* aujourd'hui usités. On réduirait un peu la largeur des *sluice-boxes* principaux à mesure que la quantité de matières solides qui y circule diminuerait.

Sur la ligne auxiliaire de *sluice-boxes*, au lieu d'*under-currents*, on pourrait ménager des chutes verticales : les sables tomberaient dans une boîte en bois où un jet d'eau les maintiendrait dans un état d'agitation continuelle, de nature à favoriser l'amalgamation.

On pourrait même pousser encore plus loin le principe de division, et créer une seconde ligne auxiliaire de *sluice-boxes*, dans lesquels circuleraient les matières les plus fines, séparées, par une grille à barreaux serrés, de celles que reçoit la première ligne auxiliaire. Il suffirait peut-être alors, pour n'avoir encore que deux cours de *sluice-boxes* en tout, après séparation en deux grosseurs des matières fines, de rejeter la partie la moins fine dans les *sluice-boxes* principaux, avec les cailloux.

L'eau,qu'il faudrait verser en divers points, serait fournie par une conduite en tôle spéciale. L'eau qu'on ajouterait à la ligne auxiliaire de *sluice-boxes* serait lancée par un petit tuyau dans la boîte même placée au-dessous de la grille à travers laquelle tombent les matières fines, afin d'empêcher les accumulations dans cette boîte.

Le fond des *sluice-boxes* auxiliaires serait garni de petites planchettes transversales de champ; on considère ce garnissage comme le meilleur pour retenir l'or; de plus il a l'avantage d'être très-facile à enlever et à replacer. Il est assez solide dans un canal parcouru seulement par des matières fines.

Ces installations, fort ingénieuses, augmenteraient la con-

sommation d'eau, qui est déjà le gros article de dépense des mines hydrauliques; il faudrait tâcher de voir, dans chaque cas particulier, avant de l'appliquer, si l'excès de bénéfice serait de nature à couvrir l'excès de frais.

§ 11. — Des résidus rejetés par les mines.

L'extrémité de la ligne de *sluice-boxes* verse sans cesse une énorme quantité de matières stériles, ou du moins considérées comme stériles pour le moment. Ces matières se répandent dans les vallées voisines, dont elles élèvent le fond. Ainsi, près de Smartsville, la rivière Yuba s'est exhaussée, dit-on, de plus de 20 mètres depuis le début des exploitations hydrauliques. Les lignes de *sluice-boxes* s'allongent sur des remblais qu'elles forment elles-mêmes, remblais dont la rivière vient ronger l'extrémité dans ses crues. De cette accumulation de débris naissent divers inconvénients : d'abord la pente dont on dispose pour les *sluice-boxes* et les *under-currents* se trouve réduite, et si au début on n'avait pas un certain excès de chute, on peut se trouver bientôt gêné; c'est même, comme nous l'avons vu, ce qui est arrivé dans les premiers temps et a fait renoncer, dans beaucoup de mines, à l'emploi de la méthode nouvelle; puis, les débris peuvent recouvrir des terrains ayant une certaine valeur, qu'il faut payer très-cher à leurs propriétaires. Encore lorsque les mines rejettent directement leurs matières stériles dans un cours d'eau important comme la rivière Yuba, que je viens de citer, la rivière Feather, l'American river, les crues périodiques, qui se produisent presque tous les hivers, entraînent une grande partie de ces matières dans le Sacramento, qui les verse dans la baie de San Francisco, ou du moins les dépose tellement loin des mines, dans la grande plaine, que le propriétaire du terrain ensablé ne peut s'en prendre à per-

sonne. Le sable provenant des exploitations se confond avec celui que la rivière charrie naturellement.

Mais quand les débris des mines se rendent dans des vallées parcourues seulement par de petits cours d'eau, complétement à sec d'ordinaire en été, ils s'y accumulent et en recouvrent très-vite le sol. Les cultivateurs, qui y sont établis, réclament alors des indemnités considérables : souvent aussi ce sont des spéculateurs qui ont acheté des terrains, moins pour les livrer sérieusement à la culture que pour exploiter la nécessité où se trouvent, à un moment donné, les compagnies minières de les acquérir n'importe à quel prix. De la sorte, une situation assez fâcheuse a été faite à certaines mines ; une rivalité s'est élevée entre les deux grandes branches d'industrie de l'État, les mines et l'agriculture ; et la lutte a été soutenue par plusieurs journaux importants. Le gouvernement a bien compris l'inconvénient de cette situation, car le *General Land Office*, chargé de la vente des terres de l'État, a retiré du marché plusieurs des parcelles pouvant donner lieu à des difficultés de ce genre.

La situation faite au mineur était, en effet, assez dure : car il est de toute nécessité que les débris de l'exploitation se déposent quelque part, et des travaux de préparation très-considérables pourraient se trouver perdus par suite d'exigences trop grandes de propriétaires. Souvent, au moment où ces derniers ont acheté leurs terrains, les mines avaient depuis longtemps commencé à les couvrir de déblais, ce qui semblait leur constituer une sorte de droit acquis : d'ailleurs, ces débris renferment encore de l'or, qui souvent peut ou pourra être exploité, de sorte que le terrain qu'ils recouvrent ne perd pas absolument toute valeur ; enfin, si l'on considère l'immense surface des terres qui peuvent être livrées à la culture, sans gêner en rien l'exploitation des mines, confinées en somme dans des régions relativement peu étendues, on reconnaît qu'il y a là

plus souvent une spéculation dont les mines souffrent qu'un dommage réel causé à l'agriculture.

La question de principe, du reste, est encore pendante, et mérite d'être examinée par les législateurs. Il est certain que l'exploitation de l'or, qui a, pour ainsi dire, créé la Californie, mérite d'être protégée par des dispositions spéciales de la loi.

§ 12. — Traitement du *blue cement* au bocard.

Nous avons vu plus haut que le *blue gravel*, qui forme la base des dépôts aurifères et en est la partie la plus riche, se transforme parfois en *blue cement*, conglomérat assez dur pour n'être pas attaquable par les jets d'eau. Quand même, d'ailleurs, en divisant ce conglomérat à la poudre ou au pic, on permettrait à l'eau de l'entraîner dans les *sluice-boxes*, la plupart des morceaux ne se désagrégeraient pas pendant le trajet, et ils seraient rejetés sans avoir laissé l'or qu'ils renferment. La méthode hydraulique n'est donc pas applicable à ces couches de conglomérat, et on les traite par bocardage. On traite aussi souvent de même des portions de *blue gravel*, qui, par leur nature, pourraient être exploitées par l'eau, quand leur position à un niveau trop bas ou le manque d'un tunnel empêche de le faire. Cette méthode de traitement, beaucoup plus coûteuse et plus lente, donne, d'ailleurs, un rendement certainement plus élevé, et est plus parfaite à ce point de vue.

L'exploitation du *blue cement* se fait au pic; on rejette les gros galets stériles qui se détachent aisément.

On se sert, pour le broyage, des bocards californiens ordinaires, tels qu'on les emploie pour broyer le quartz aurifère des filons. Ces appareils, d'un type extrêmement répandu, sont caractérisés par leur poids assez considérable (350 à 450 kil.), leur levée assez forte ($0^m,25$ à $0^m,30$) (le nombre de coups par minute est de 60), le tracé de leurs cames en dévelop-

pées de cercle et le mouvement de rotation qu'elles impriment à la flèche du pilon à chaque levée. Les matières sont finement broyées en présence du mercure, puis elles sont entraînées par un courant d'eau dans divers conduits où l'or achève de se déposer par voie d'amalgamation.

A la mine de *French Corral*, il y a une batterie de 15 flèches, mises en mouvement par une de ces roues hydrauliques dont j'ai déjà parlé (*hurdy-gurdy wheel*). En sortant des mortiers, les matières s'écoulent sur des tables étroites inclinées, munies d'une série de planchettes transversales, derrière lesquelles on place du mercure, puis dans des *sluice-boxes* ordinaires.

A la mine *Brown* (Placer county), une batterie de 10 flèches broie par 24 heures 25 à 30 tonnes. Le moteur est aussi une roue *hurdy-gurdy*, de $2^m,75$ de diamètre, recevant l'eau lancée sous une pression de 60 mètres par un ajutage de $0^m,038$, qui termine un tuyau de $0^m,18$ de diamètre. Le débit est de 50 *pouces* (2.100 litres par minute). Les frais d'exploitation et de traitement pour une semaine (de 6 jours) sont les suivants :

	francs.
14 mineurs à $15^f,35$.	1.189,40
2 rouleurs à $15^f,35$.	184,20
1 forgeron.	93,00
1 boiseur.	93,00
2 *feeders* (hommes qui versent le minerai dans les bocards) à 18 francs.	216,00
50 pouces d'eau (pendant 24 heures) à $0^f,41$ le pouce par 10 heures.	295,20
Consommations (mercure), réparations, etc.	515,00
Total. . . .	2.585,80

La batterie broyant en moyenne 165 tonnes par semaine, c'est $15^f,75$ par tonne. Le produit a varié de 2.500 à 30.000 francs par semaine ; en général il s'est tenu entre 5.000 et 10.000 francs, ce qui correspond à une richesse de 30 à 60 francs par tonne.

§ 13. — Exemples d'exploitations aurifères dans le bassin de l'Yuba.

Il me reste maintenant, pour préciser les descriptions que j'ai données d'une manière générale, à parler spécialement de quelques mines d'or, choisies comme exemples, et à donner quelques chiffres de productions. Je conduirai le lecteur dans un très-important district minier, celui du bassin de l'Yuba, représenté par la carte *fig.* 5, Pl. I, et nous remonterons ensemble la grande ligne d'alluvions aurifères qui traverse cette carte en diagonale. De Marysville, que l'on atteint aisément en chemin de fer, on arrive, après quelques heures de diligence à travers la plaine, à Smartsville, notre point de départ. De là, à mesure que nous remonterons le cours de l'Yuba, nous trouverons des vallées de plus en plus profondes et encaissées, et des montagnes couvertes de splendides forêts.

L'important dépôt aurifère voisin de Smartsville a été attaqué il y a une vingtaine d'années. Aujourd'hui, il est exploité par cinq compagnies différentes, qui portent les noms de Pactolus, Rose's Bar, Blue Gravel, Blue Point et Smartsville. Elles sont énoncées dans l'ordre suivant lequel on rencontre leurs mines en allant de l'ouest à l'est, de Timbuctoo à Mooney Flat. Quelques-unes d'entre elles sont d'ailleurs formées par la réunion de plusieurs entreprises autrefois distinctes. Les travaux de distribution d'eau appartiennent à la compagnie de Blue Gravel, qui vend l'eau aux autres exploitations au prix de 10 *cents* le pouce pour 12 heures ($0^f,017$ le mètre cube).

A la mine Pactolus, l'épaisseur des alluvions aurifères est, au milieu du dépôt, de 75 mètres environ, dont 6 mètres de *blue gravel* et 9 mètres de *red gravel*. Le produit moyen de ces bancs inférieurs est de 75 *cents* le yard cube (5 francs le mètre cube); celui des couches supérieures

est de 30 *cents* (2 francs le mètre cube). Un tunnel long de 420 mètres, qui a coûté 300.000 francs, sert à l'exploitation des parties profondes, les couches supérieures ayant été déjà enlevées en partie. On use 800 pouces d'eau (2.000 mètres cubes par heure); l'eau est lancée par deux ajutages, sous la pression de 50 mètres (été de 1874); on pourra installer plus tard les ajutages à un niveau inférieur, quand la mine sera plus largement ouverte jusqu'au fond. En 1874, on lavait environ 1.500 yards cubes (1.150 mètres cubes) par journée. Le nombre d'ouvriers employés était de 16, et leurs salaires variaient de 15f,50 à 18 francs par jour. Comme consommation de poudre, on estimait que 1.000 petits barils (de 25 lbs.) (11,300 kilog.) désagrégeaient 100.000 yards cubes (76.700 mètres cubes), soit 1 kilog. environ pour 7 mètres cubes. Outre la poudre ordinaire, on a brûlé, en 1873, 2.000 kilog. de dynamite. La production, en 1873, a été de 720.000 francs.

La mine de Blue Gravel a produit, depuis qu'on l'a ouverte, plus de 10 millions de francs. On y a percé un tunnel de 550 mètres de longueur, au prix de 400.000 francs.

A la mine de Blue Point, dans le cours de l'année 1873, on a lavé, en 91 jours, 93.944 yards cubes (72.000 mètres cubes) de gravier, des bancs inférieurs, qui ont produit $ 115.728 (près de 600.000 francs), soit $ 1,25 par yard cube (8f,45 par mètre cube).

Les dépenses de l'exploitation ont été de $ 33.000 (170.000 francs), et l'on a distribué $ 80.000 (415.000 francs) de dividendes (*).

On a employé 3.700.000 yards cubes (2.850.000 mètres cubes) d'eau, ce qui fait près de 40 mètres cubes d'eau

(*) Il est vrai que, pendant trois ans, l'exploitation des couches supérieures du dépôt n'avait donné aucun bénéfice. Les dépenses avaient même excédé un peu le produit de la mine, de $ 1.100 (5.700 fr.).

pour 1 mètre cube de graviers. Ceux-ci sont en effet fort durs, et ont exigé en outre la consommation de 3.000 barils de poudre (34.000 kilog.) à $ 3,50 (soit 1f,60 le kilog.). Un tunnel de 700 mètres de longueur, avec une pente de 1 en 24, a coûté 780.000 francs. On consomme 1.200 pouces d'eau, soit 36.000 mètres cubes par jour.

La pente des *sluice-boxes* est de 6,5 pouces en 12 pieds. Les moyens employés pour recueillir l'or sont, d'ailleurs, assez imparfaits : on ne fait pas usage d'*under-currents*, et certains ingénieurs estiment qu'on aurait pu, en en construisant, obtenir 25 p. 100 d'or en plus!

A la mine de Smartsville, le dépôt aurifère atteint 150 mètres d'épaisseur. On n'y a attaqué encore que les couches supérieures, en laissant par-dessous 25 mètres du gravier le plus riche. La mine présentait, en 1874, une coupure verticale de 70 mètres de hauteur, hauteur qui s'accroît sans cesse à mesure que la coupure s'avance davantage dans l'intérieur de la colline qui constitue le dépôt aurifère. Les matériaux de cette colline sont fort durs et il faut toujours faire jouer la mine avant de les attaquer par l'eau. La production, en 1873, a été de 580.000 francs.

A une quinzaine de kilomètres au nord-est de Smartsville, on retrouve l'extrémité d'un important dépôt aurifère, qui s'étend de French Corral à North San Juan, suivant une direction nord-nord-est, parallèlement à la profonde vallée de la branche nord de l'Yuba.

L'importante mine de French Corral s'étend sur une longueur de 823 mètres. La largeur du dépôt aurifère est à peu près la même, et son épaisseur au milieu est de 50 mètres. La pente générale du *channel* ou thalweg de l'ancienne vallée pliocène, où s'est formé ce dépôt, est de 0m,017 par mètre. On n'a jusqu'à présent exploité que les parties supérieures; la quantité d'eau employée est de 1.200 pouces (36.000 mètres cubes environ par journée de travail); les *sluice-boxes* ont 0m,90 de largeur et 360 mètres

de longueur; leur pente est de 5 pouces en 14 pieds ($0^m,034$ par mètre).

A la mine voisine Empire, qui se compose d'une petite étendue de terrain aurifère (106 mètres sur 38 mètres), épais en moyenne de $5^m,50$, on obtient, par yard cube de gravier, $ 6 d'or (40 francs par mètre cube). Cette grande richesse moyenne tient, il est vrai, à ce que toutes les couches supérieures, moins riches, ont été préalablement enlevées.

Les mines contiguës Nebraska et Kansas, où l'on extrait l'or au moyen de bocards, ont aussi donné de beaux résultats : à la première, 600 tonnes de matières ont produit jusqu'à 45.000 francs, soit 75 francs par tonne ; a la seconde le yard cube produit $ 3,50 en moyenne (25 francs le mètre cube). Le produit total de cette dernière mine, jusqu'en juin 1874, a été de 960.000 francs, dont 510.000 ont été distribués en dividendes. On indique souvent, comme donnant une idée de l'importance d'une mine, la longueur qu'elle occupe sur le thalweg de l'ancienne vallée remplie par le dépôt aurifère : cette longueur est, pour la mine Nebraska, de 135 mètres, et l'on estime la valeur du mètre à 10.000 francs ($ 600 le pied).

A une certaine distance au nord de French Corral, on trouve la mine Manzanita, dont j'ai décrit le tunnel et les *sluice-boxes*, p. 44. A côté sont les terrains de l'*American C*[y], où 8 millions de yards cubes (6 millions de mètres cubes), enlevés depuis 18 ans, ont produit $ 1.800.000 (9.200.000 fr.), soit 22,5 *cents* par yard cube ($1^f,54$ par mètre cube). La mine s'étend sur une longueur de 760 mètres, une largeur de 213 mètres, et l'épaisseur moyenne du terrain aurifère est de 36 mètres. On en estime la valeur à 12 ou 13.000 francs le mètre de *channel*. (Voir l'explication de cette manière de compter un peu plus haut.)

Plus au nord, à la mine Eureka, près de North San Juan, le terrain aurifère a 55 mètres d'épaisseur totale, la cou-

che riche inférieure a 13 mètres, et elle est cimentée (ce qui la rend inexploitable par le procédé hydraulique). L'eau est lancée sous la pression de 42 mètres par quatre ajutages : on en consomme 57.000 litres par minute. Le nombre d'ouvriers employés est de quatre. Voici le résultat du travail de dix jours, qui peut être considéré comme étant la moyenne ordinaire :

Nombre de yards cubes lavés		36.500 (28.000 mèt. cubes).
Produit		30.000 fr.
Dépenses	Eau	5.100 fr.
	Main-d'œuvre	890 fr.
	Divers	510 fr.
	Total	6.500 fr.

Le produit moyen par yard cube est de $ 0,1603 (1f,10 par mètre cube). 13 mètres cubes d'eau lavent 1 mètre cube de terrain.

De North San Juan à Badger Hill (à 2 kilomètres au nord de Cherokee), le dépôt aurifère a complétement disparu ; de Badger Hill à Snow Point, il forme une longue traînée presque ininterrompue, se dirigeant d'abord du nord au sud, puis de l'ouest à l'est, et du sud-ouest au nord-est, et recevant des *affluents* sur son parcours. Ce terrain est en partie recouvert par les roches volcaniques, surtout au nord-est de North Bloomfield. M. Silliman, dans le mémoire déjà cité sur les placers compris entre les branches méridionale et médiane de l'Yuba, attribue à ce dépôt aurifère une épaisseur moyenne de 75 mètres ou davantage, là où il a été recouvert par les matières volcaniques, et de 25 à 30 mètres, aux points où il a été en partie enlevé par les érosions : le produit moyen de cette masse, exploité par la méthode hydraulique, serait, d'après lui, de 30 à 45 *cents* le yard cube (2 à 3 francs le mètre cube). Toute la partie supérieure de ce terrain, de Cherokee à North Bloomfield, est remarquable par sa blancheur ; les cailloux de quartz blanc et le sable de même couleur y dominent.

Dans les exploitations de la compagnie de North Bloomfield (*), dont j'ai déjà parlé plusieurs fois, la production moyenne du yard cube de sable des couches supérieures, a été jusqu'à présent de $ 0,01685 (0f,114 le mètre cube) seulement. La quantité d'eau employée pour laver ces sables était, en volumes, de 10 pour 1.

Aux mines de la compagnie de Dutch Flat, près desquelles passe le chemin de fer Central Pacific, on a exploité, depuis le début du travail hydraulique jusqu'en 1874, 43 millions de yards cubes (33 millions de mètres cubes), et le produit brut a été de $ 2 millions (10.340.000 francs), soit 0f,31 par mètre cube.

Voilà deux exemples de sables extrêmement pauvres. J'ai dit, dans la note D, que l'on estimait à 5 *cents* par yard cube (0f,35 le mètre cube), les frais de lavage par le procédé hydraulique. Mais, dans cette appréciation, le prix de la main-d'œuvre est calculé sur un taux assez élevé ($ 4 par jour), et aujourd'hui ce prix est généralement moindre. En somme, ce chiffre de 5 *cents*, qui fait déjà ressortir l'immense avantage de la méthode nouvelle, serait souvent au-dessus de la vérité. Voici quelques évaluations de ce prix de revient dans diverses mines, avec le produit brut :

NOMS DES MINES.	PRIX DE L'EXPLOITATION		PRODUIT	
	par yard cube.	par mètre cube.	du yard cube.	du mètre cube.
	cents.	francs.	cents.	francs.
Iowa hill.	2,5	0,17	71	4,80
Independance.	2	0,13,5	25	1,70
Roach hill.	6	0,40	60	4,00
Richardson.	3	0,20	15	1,00
Wisconsin.	2	0,13,5	12,5	0,85

A la mine de Roach hill, où le prix est le plus élevé, le terrain aurifère est très-dur. Le produit du mètre cube, dans ces mines, est d'ailleurs assez fort.

(*) Le capital de cette compagnie est de 10 millions de francs.

Les exemples que je viens de citer montrent de quels capitaux il faut pouvoir disposer pour mettre en exploitation d'une manière convenable un dépôt aurifère. Il ne suffit plus aujourd'hui que quelques aventuriers s'associent pour extraire l'or des parties les plus riches ou les plus facilement accessibles de ce dépôt, il faut que de grandes compagnies se forment et exécutent souvent de longs travaux préparatoires avant d'obtenir quelques bénéfices. Les capitaux de plusieurs de ces compagnies ont été souscrits en Angleterre, et, dans le *Mining Journal*, de Londres, on trouve souvent des détails financiers sur les mines de Californie.

Au point de vue technique, il est bien intéressant de voir le développement qu'ont pris ces procédés d'exploitation entièrement nouveaux, inventés par un simple mineur, perfectionnés dans les mines mêmes, sans que la moindre étude théorique en ait été faite. L'histoire de cette découverte, comme celle de tant d'autres, nous donne d'ailleurs un utile enseignement, que nous ne devons pas laisser perdre : ce n'est qu'après bien des efforts, souvent infructueux, que l'on réussit à appliquer, d'une manière pratique, une idée ingénieuse. J'ai parlé, en effet, des difficultés qui, à une certaine époque, avaient fait renoncer presque tous les mineurs à l'emploi de la nouvelle méthode.

Faisant allusion à l'énorme puissance des procédés hydrauliques, M. Silliman remarque que l'homme, pour s'emparer des trésors enfouis dans les graviers aurifères, emploie les forces mêmes dont la nature s'est servie pour les accumuler (*).

(*) « In fact, man has, in the hydraulic process, taken command of nature's agencies, employing them for his own benefit, compelling her to surrender the treasure locked up in the auriferous gravel by the use of the same forces which she employed in distributing it. »

NOTE A.

De la mesure de l'eau.

Le *pouce de mineur* (*miner's inch*) est l'unité de mesure de l'eau en Californie : c'est la quantité qui s'écoule par un orifice de 1 pouce carré (1 pouce = $0^m,0254$) percé dans une planche mince, généralement de 2 pouces ($0^m,051$) d'épaisseur, la charge étant de 6 pouces ($0^m,152$) d'eau au-dessus du bord supérieur de l'orifice. On estime le débit d'un tel orifice à 93 livres ($42^{lit},18$) par minute. En pratique, au lieu de percer une série de carrés isolés, on fait des fentes de 1 pouce d'épaisseur sur une longueur d'un certain nombre de pouces, ce qui augmente naturellement beaucoup le débit de chaque *pouce*. Ainsi, le débit de 1 *pouce* étant de $42^{lit.},18$ à la minute, celui de 2 *pouces* est de $89^{lit.},21$, et celui de 100 *pouces* est de 5.043 litres. Parfois même la fente a 2 pouces de hauteur ; ainsi au lac Eureka l'eau passe à travers des rectangles de 2 pouces ($0^m,051$) de hauteur sur 48 pouces ($1^m,22$) de longueur (la charge étant toujours de 6 pouces au-dessus du bord supérieur), et chaque *pouce* débite par minute $57^{lit.},63$. A Smartsville, l'orifice a même 4 pouces ($0^m,11$) de hauteur, et la charge d'eau au-dessus du bord supérieur est de $0^m,165$ ($6^p,5$). On est sûr d'avoir ainsi bonne mesure, malgré les quelques pertes, par suite de fuites et d'évaporation, qui peuvent se produire entre le point où l'eau est jaugée et celui où elle est employée.

Ces jaugeages exacts sont nécessaires, parce que le plus souvent l'eau est fournie aux mines par des compagnies spéciales (*Water Companies*) ou par d'autres compagnies minières (*Water and Mining Companies*). On paye en général de 10 à 20 *cents* ($0^f,50$ à 1 fr.) par *pouce de mineur* et par journée de 10 à 12 heures. Parfois l'exploitation de l'or, qui avait été primitivement l'unique objet de certaines compagnies, devient l'accessoire, et les bénéfices principaux proviennent de la vente de l'eau. Quelquefois même une compagnie aurait intérêt à vendre à d'autres l'eau qu'elle emploie, plutôt que de s'en servir elle-même. Ainsi, pendant l'exercice 1871-72, la compagnie de North Bloomfield a produit 270.000 fr. d'or, et les dépenses ont été, non compris les intérêts des capitaux :

	francs.
Eau	48.500
Main-d'œuvre	102.500
Consommation de matières	43.000
Frais généraux (fraction relative à l'exploitation)	31.000
Total	225.000

Le bénéfice net a donc été de 45.000 francs.

La compagnie aurait pu, au lieu de s'en servir, vendre facilement son eau moyennant 16 *cents* le *pouce* par 24 heures, soit, pour une quantité totale de 408.000 *pouces* pendant 24 heures qu'elle a consommée, 290.000 francs. En retranchant de cette somme les frais d'amenée de l'eau ci-dessus indiqués, 48.500 francs, on trouve un bénéfice net de 201.500 francs.

Aujourd'hui, d'ailleurs, avec le percement du tunnel dont je parlerai plus loin, et qui permet d'atteindre les couches profondes, les conditions de l'exploitation sont tout à fait changées pour cette compagnie.

NOTE B.

Mémoire descriptif des travaux d'amenée d'eau à la mine de Morris's Ravine, près de Cherokee (*), Butte County.

Le tableau qui suit, extrait de l'ouvrage de M. R. W. Raymond (*Statistics*, etc.), contient plusieurs détails intéressants.

CANAUX.

Canal principal, partant de la branche ouest de la rivière Feather :				
Partie supérieure.	Pente	$0^m,0024$ par mètre.		
	Largeur	1 ,50		
	Profondeur	0 ,60		
Partie inférieure.	Pente	0 ,0012 par mètre.		
	Largeur	1 ,80		
	Profondeur	0 ,60		
Longueur totale		55 kilomètres.	dollars.	francs.
Dépenses d'établissement			119.400	617.000
Canal Glen Beaston :				
Mêmes pente et section que la partie inférieure du précédent.				
Longueur		$9^k,5$		
Dépenses d'établissement			11.750	60.600
Canal Oregon Gulch :				
Mêmes pente et section.				
Longueur		10 kilom.		
Dépenses d'établissement			5.000	25.600
Longueur totale des canaux		$74^k,5$		
Prix moyen par kilomètre		9.440 francs.		

(*) Ne pas confondre avec le Cherokee situé entre les branches médiane et méridionale de l'Yuba. La localité dont il s'agit ici est plus au nord, sur la rivière Feather, dont l'Yuba est un affluent.

TUYAUX.

		dollars.	francs.
Siphon du réservoir supérieur : longueur	$1^k,2$		
Différence de niveau des deux orifices	12^m		
Siphon du réservoir de Table Mountain : longueur	2 kil.		
Différence de niveau des deux orifices	15^m		
Diamètre	$0^m,51$		
Dépression maxima	95^m		
Épaisseur des tôles : pression 0 à 45^m	n° 16		
Épaisseur des tôles : pression 45 à 76^m	n° 14		
Épaisseur des tôles : pression 76 à 95^m	n° 12		
Dépenses d'établissement		30.200	156.00
— par mètre	49 francs.		

CONDUITS EN BOIS.

Longueur, environ	$6^k,5$		
Largeur	$1^m,50$		
Profondeur	$0^m,60$		
Pente, comme celle des canaux.			
Dépenses d'établissement		20.100	104.000
— par mètre	16 francs.		

Sluice-boxes, pour l'écoulement des matières hors de la mine, le long de Morris's Ravine, jusqu'à la rivière Feather, avec trois *under-currents* :

Pente	$0^m,038$ et $0^m,042$ par mètre.		
Longueur	$2^k,5$		
Largeur	$1^m,80$		
Profondeur	$0^m,90$		
Longueur de chaque *boîte* (330 par mille)	$4^m,88$		
Épaisseur des planches	$0^m,038$		
Nombre de *pieds* (*) de bois par *boîte*	590		
Épaisseur du pavage, en pierres	$0^m,25$		
Poids du pavage par *boîte*	6 ton.		
Dépenses d'établissement, environ		37.000	191.400
Total des dépenses		223.450	1.154.000

On a dépensé en outre, pour achat des terrains de la mine, installations diverses, réparations et ouverture des travaux, $ 100.000 environ (500.000 fr.).

NOTE C.

Des roues hydrauliques dites *hurdy-gurdy*.

On emploie fréquemment, dans les exploitations aurifères où

(*) Voir sur la mesure des bois la note de la page 46.

l'on dispose d'eau sous forte pression, ces sortes de moteurs hydrauliques, très-simples de construction. Ce sont des roues à couronne mince munie d'une série de palettes que vient frapper un jet d'eau lancé par un ajutage tangentiel, Les *fig.* 10 à 13, Pl. I, en représentent deux types employés à North Bloomfield. Le tourteau et les palettes de la première de ces roues (*fig.* 10 et 11) sont en fonte, le reste étant en bois; les palettes sont normales à la jante. Dans la seconde roue (*fig.* 12 et 13), les palettes sont en tôle de $0^m.004$ d'épaisseur, comprises entre deux joues en bois, et courbées de manière a être frappées tangentiellement par le jet d'eau. Le diamètre (dans cet exemple que j'ai choisi) est de 6 mètres. L'eau est amenée, sous la pression de 85 mètres, par une conduite de $0^m,18$, et le diamètre de l'ajutage est, au bout, de $0^m,016$ à $0^m,032$; on peut, en effet, changer l'ajutage selon la force dont on a besoin. Le nombre de tours par minute est de 60 à 100. Ces roues sont calées à l'extrémité des arbres qui les portent; les coussinets sur lesquels reposent ces arbres sont tous du même côté de la roue.

Le diamètre de ces roues varie entre des limites étendues; elles ne sont pas toujours de la grande dimension de celles que je viens de décrire, mais elles ont souvent 1 mètre et moins de diamètre: elles sont alors d'ordinaire tout en fonte. Elles sont contenues dans une cage en bois, ouverte à la partie inférieure pour l'écoulement de l'eau. Lorsqu'elles sont petites, on les dispose quelquefois horizontalement. Par exemple, le moteur des perforateurs à diamants du tunnel de North Bloomfield était une roue horizontale de ce genre, de $0^m,40$ de diamètre, recevant l'eau au moyen d'un tuyau de tôle avec raccord en caoutchouc.

Un des inconvénients des *hurdy-gurdy wheels*, lorsque le diamètre en est grand, est l'entraînement de l'air et la perte notable de force qui en résulte. Tournant très-vite, elles travaillent comme des ventilateurs Guibal. On est d'ailleurs peu d'accord sur le rendement de ces machines, et les diverses expériences qui ont été faites jusqu'à présent ont donné des résultats peu concordants. M. H. Smith a refait avec soin de longues expériences sur ces moteurs à North Bloomfield, et il se proposait de publier le résultat de cette étude. J'ignore si cette publication a été faite.

NOTE D.

Anciens appareils de lavage des sables aurifères.

Le *pan* est l'instrument de lavage des sables le plus simple. J'en donne ici, d'après l'ouvrage de M. Phillips, une description sommaire, ainsi que des autres appareils, un peu plus compliqués, *rocker* et *long tom*, qui ont été inventés ensuite.

Le *pan* (casserole) est un plat rond et creux, large de 0m,35 environ au fond, et de 0m,42 à 0m,45 en haut, et d'une profondeur de 0m,12, en étain ou en tôle; ce dernier métal est préférable parce qu'il est inattaquable par le mercure. Pour laver des sables aurifères, on en remplit le *pan* aux deux tiers, et on le met dans l'eau; puis on remue avec les mains le sable plus ou moins argileux, de manière à l'imbiber complétement. On l'agite ensuite régulièrement sous l'eau en faisant tomber un peu de matière par-dessus le bord à chaque secousse. On arrive ainsi, avec un certain tour de main, à se débarrasser du sable fin et d'une partie de l'argile. Restent les cailloux, le gros sable et les pelotes d'argile; on fait tomber les cailloux et l'on écrase les pelotes d'argile entre les doigts; puis on continue le lavage. On finit par n'avoir plus dans le *pan* que l'or avec un sable titanifère très-lourd. On sépare ce sable en soufflant avec précaution sur le résidu, lorsqu'il est sec.

Le *rocker*, appelé aussi *cradle* ou berceau, est une boîte rectangulaire en bois, longue de 1 mètre et large de 0m,50, reposant sur deux supports pareils à ceux d'un berceau d'enfant, qui permettent de la faire osciller autour d'un axe parallèle aux grands côtés. Cette boîte a des parois verticales sur trois côtés seulement; la hauteur de ces parois est de 0m,45 à 0m,60 sur la moitié de la longueur des grands côtés et sur l'un des petits, puis elles vont en s'abaissant vers l'autre petit côté, qui est ouvert. Sur la partie où les parois ont la plus grande hauteur, on peut fixer une plus petite boîte carrée de 0m,50 de côté, munie de rebords de 0m,15, et dont le fond est formé par une tôle percée de trous de 0m,012 de diamètre. Au-dessous de cette petite boîte est tendue une toile, inclinée de manière à verser les sables qu'elle reçoit vers le petit côté fermé du *cradle*. Sur le fond de l'appareil, légèrement en pente vers le côté ouvert, sont clouées transversalement deux planchettes, épaisses de 0m,02 environ, l'une vers le milieu, l'autre vers l'extrémité inférieure.

On place les matières à laver dans la boîte à fond perforé, puis

on verse de l'eau dessus, en faisant osciller la machine. Les parties fines sont entraînées par l'eau, et, grâce au mouvement de balancement, l'or avec les grains de sable les plus lourds s'arrête derrière les planchettes, tandis que les parties légères sont entraînées au delà. On rejette de temps en temps les cailloux qui restent sur la plaque perforée. Le sable très-riche, recueilli derrière les planchettes, est lavé au *pan* qui laisse l'or.

Lorsque l'or est en particules excessivement fines, on remplace parfois la toile inclinée par une couverture de laine, qui retient un grand nombre de ces particules. On fixe alors parfois la boîte carrée mobile au-dessus de l'extrémité inférieure de l'appareil, afin de pouvoir allonger cette couverture.

Un seul ouvrier suffit pour manœuvrer le *cradle;* cependant le travail est plus avantageux quand il est fait par deux hommes : l'un agite sans cesse la machine et y verse l'eau, tandis que l'autre renouvelle le contenu des boîtes perforées, qui sont alors au nombre de deux.

Le poids d'eau nécessaire est au moins trois fois celui des sables lavés. En se servant du *cradle*, on doit éviter avec soin les accumulations de sable stérile derrière les planchettes, qui se produisent surtout lorsqu'on cesse de le balancer. Un homme seul peut laver avec cet instrument de 1 à 3 yards cubes ($0^{mc},7$ à 2^{mc}) de sables par jour.

Le *long tom* se compose d'une auge en bois, inclinée de 1 en 12, longue de $3^m,60$, large de $0^m,50$ à la partie la plus élevée, et de $0^m,75$ à l'autre extrémité, et munie de rebords latéraux de $0^m,20$ à $0^m,25$. Le fond est revêtu d'une feuille de tôle. A l'extrémité inférieure cette auge est fermée par une plaque de tôle perforée, inclinée de manière à former un rebord très-évasé. Au-dessous de cette plaque vient se placer l'extrémité la plus élevée d'une boîte inclinée, un peu plus large, munie d'une série de planchettes transversales.

Un gouttière en bois verse un courant d'eau continu en haut de l'auge, dans laquelle on jette les matières à laver : on les y divise et on les agite constamment avec une pelle ou un râteau, en rejetant les pierres. L'eau entraîne le sable à travers la tôle perforée, et l'or s'arrête, comme dans le *cradle*, derrière les planchettes, où l'on verse parfois du mercure ; le courant est assez fort pour empêcher les sables stériles de s'arrêter à la même place.

Avec cet instrument, la quantité d'or perdue, surtout lorsqu'il est en particules très-fines, est assez considérable. Pour diminuer cette perte, on a allongé beaucoup la boîte inclinée dans laquelle

l'or s'arrête, et l'on en est arrivé à construire de longues lignes de *sluice-boxes*, pareilles à celles que l'on emploie maintenant dans l'exploitation hydraulique, mais de plus petite section.

En supposant la journée de mineur à $ 4 (20 fr.), on admet que le prix moyen du traitement d'un yard cube de matières aurifères est :

Avec le *pan*	$ 20,00	(140 fr. le mètre cube).
— *rocker*	$ 5,00	(35 —).
— *long tom*	$ 1,00	(7 —).
— système hydraulique	$ 0,05	(0,35 —).

Ces chiffres font nettement ressortir l'immense avantage du dernier système, surtout pour les sables très-peu riches. Quant à la question des rendements comparatifs, on n'a guère de documents à cet égard.

NOTE E.

Raffinage de l'or et de l'argent à San Francisco.

Les procédés employés à l'usine de la *San Francisco Assaying and Refining Company* (usine située à San Francisco même) pour séparer l'or et l'argent et les débarrasser du cuivre et des autres métaux étrangers, que les lingots bruts contiennent en petite quantité, sont intéressants et diffèrent de ceux que l'on emploie le plus communément. Une description sommaire de ces procédés a été donnée dans le *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* de Berlin, par M. F. Gutzkow, ancien directeur de l'usine. Je donne les détails qui suivent d'après cette description, et d'après ce que j'ai vu moi-même dans l'établissement.

Les lingots traités ne proviennent pas tous des mines de Californie; celles de Virginia City en fournissent un grand nombre et, dans ces derniers, la proportion d'argent est beaucoup plus forte (ce qui permet de pratiquer l'opération dite *inquartation*).

On a renoncé à précipiter l'argent, dissous dans l'acide sulfurique, par le cuivre, à cause du bas prix du sulfate de cuivre, produit accessoire et très-abondant du traitement. On emploie, pour réduire l'argent, transformé préalablement en sulfate solide, le sulfate de protoxyde de fer. Voici la suite complète des opérations :

On commence par fondre au creuset, dans des fours soufflés, à l'anthracite, les lingots à raffiner, assortis de telle sorte que l'or et l'argent soient dans une proportion déterminée (3 ou plus d'argent pour 1 d'or), puis on granule l'alliage fondu. L'alliage granulé est

attaqué par l'acide sulfurique bouillant, à 66° B. : l'argent, le cuivre, le plomb, se dissolvent. On verse la dissolution dans un bassin en fonte qui contient de l'acide sulfurique à 58° B. (densité, 1,617), à la température de 110°. On ajoute un peu d'eau, de manière à ramener à la densité de 58° B. l'acide versé à 66° B. : le sulfate de plomb et la petite quantité d'or entraînée se déposent alors. La liqueur claire est décantée, à l'aide d'un siphon, dans un autre bassin en fonte, refroidi extérieurement par un courant d'eau : le sulfate d'argent se précipite. La liqueur acide, qui reste, est ramenée dans le premier bassin, où on la réchauffe et où elle sert de nouveau (ce premier bassin est muni d'un couvercle qui le ferme hermétiquement; on y fait le vide au moyen d'une sorte d'injecteur Giffard, et l'acide y remonte sans aucune difficulté). On enlève à la pelle le sulfate d'argent du second bassin, et on le dépose sur un filtre, qui est une plaque perforée, formant le faux fond d'une boîte en bois revêtue de plomb.

L'acide retenu par le sulfate d'argent s'égoutte; on lave alors ce sel avec une dissolution concentrée et bouillante de sulfate de protoxyde de fer. Cette liqueur commence par dissoudre le sulfate de cuivre : on en met à part les premières parties, qui renferment le cuivre. Quand la liqueur qui sort du filtre a franchement la couleur brune du sulfate de peroxyde de fer, on la fait écouler dans un bassin large et plat, et l'on continue les lavages jusqu'à ce que la liqueur reste verte après avoir traversé le filtre. Le sulfate d'argent est alors complétement décomposé, et l'argent est à l'état métallique sur le filtre. La liqueur en a cependant dissous une certaine quantité, qu'elle dépose en majeure partie par refroidissement dans le bassin large et plat où elle s'écoule.

L'argent est lavé à l'eau chaude, comprimé à la presse hydraulique, et fondu au creuset. Les lingots obtenus sont au titre de 998.

Quant à la dissolution de fer, on la régénère en la faisant passer sur de la ferraille, qui transforme le sulfate de peroxyde de fer en sulfate de protoxyde. En même temps elle laisse déposer un peu de cuivre et d'argent : on recueille ce dépôt toutes les semaines, et on le met sur les filtres avec le sulfate d'argent, où il est soumis à l'action du sulfate de protoxyde de fer : en présence du sulfate d'argent, le cuivre se transforme immédiatement en sulfate, qui se dissout.

Pour chaque kilogramme d'argent réduit, on emploie en pratique $11^{lit},5$ de la dissolution de sulfate de fer.

L'or, résidu de l'attaque de l'alliage aux acides, est lavé à l'eau

distillée (provenant de la condensation de la vapeur d'une machine), puis comprimé et fondu comme l'argent. Les eaux de lavage de l'or sont traitées par le cuivre, qui précipite l'argent.

Pour transformer en sulfate le cuivre contenu dans une portion des liqueurs, on le précipite par le fer, puis on dissout le précipité dans l'acide sulfurique étendu. On ne produit d'ailleurs qu'une quantité très-minime de ce sel, puisqu'elle ne correspond guère qu'à la quantité de cuivre contenue dans les lingots.

Le volume de la dissolution de sulfate de protoxyde de fer augmente continuellement, puisqu'elle reçoit une série d'additions d'acide, puis de fer. On rejette, toutes les semaines, l'excès de cette dissolution.

L'usine dégage de grandes quantités de vapeurs acides ; comme les rues avoisinantes se peuplent de plus en plus, on construisait, l'année dernière, des chambres en bois pour condenser ces vapeurs. Ces chambres sont garnies d'une série de madriers en chicane goudronnés, au lieu du coke qu'on emploie d'habitude.

ADDITION.

J'ai indiqué, dans le § 1, comment, d'après divers géologues, se sont formés les dépôts d'alluvions anciennes actuellement exploités. Quant aux théories proposées pour expliquer la présence de l'or en si grande abondance dans les roches qui ont fourni les matériaux de ces alluvions, je n'en ai pas parlé, car cette seconde étude géologique me paraît se rattacher moins directement à mon sujet. Je renverrai, à cet égard, aux divers ouvrages sur la géologie de la Californie, en particulier au mémoire de M. Laur.

LÉGENDE DES FIGURES.

Planche I.

Fig. 1. — Coupe verticale N.-S. du dépôt aurifère de Smartsville, passant par la mine Pactolus. Largeur du dépôt, 700 mètres; hauteur maxima, 80 mètres. On a supposé les deux tunnels dans le même plan. On exploite en deux tranches successives; une partie notable de la tranche supérieure a déjà été enlevée. Dans la vallée de la rivière Yuba, on voit les alluvions déposées depuis quelques années sur une hauteur de 20 mètres.

Fig. 2. — Coupe transversale d'un dépôt aurifère. Les diverses couches sont, en partant du bas, le *blue gravel*, le *red gravel*, puis diverses alternances de sables et de galets. Sur les côtés est le *pipe-clay* (hachures obliques).

Fig. 3. — Coupe hypothétique du même dépôt avant la destruction, par érosion, des parois de la vallée où il s'est formé.

Fig. 4. — Coupe (par le tunnel de Maine boy) d'un dépôt aurifère recouvert par le basalte (hachures verticales, basalte; pointillé, terrain aurifère; hachures obliques, *bed-rock*). Figure extraite du *Geological survey of California*.

Fig. 5. — Carte de la partie supérieure du bassin de la rivière Yuba, montrant les cours d'eau actuels, les dépôts aurifères, recouverts par endroits de matières volcaniques, les canaux d'amenée d'eau. La carte n'est d'ailleurs pas absolument complète, et il existe, dans cette région, d'autres dépôts aurifères que ceux indiqués.

Fig. 6. — Coupe verticale rectifiée le long du thalweg du dépôt aurifère de Snow Point à French Corral. On remarquera la roideur des pentes (2 et 3 p. 100) par places.

Fig. 7 et 8. — Barreau de fonte pour *under-current*, de la mine Pactolus.

Fig. 9. — Plan des galeries pour fourneaux de mine. Les petits ronds indiquent les capsules, et les traits ponctués, tracés en dehors des galeries, pour plus de clarté, figurent le circuit électrique.

Fig. 10 à 13. — Deux types des roues hydrauliques dites *hurdy-gurdy*, fonctionnant sous l'action du jet lancé par un ajutage (voir p. 69).

Planche II.

Fig. 1, 2 et 3. — Plan, profil développé et coupes transversales du barrage du lac Eureka, en pierre et terre (voir p. 17).

Fig. 4 et 5. — Ajutage et joint mobile, dit *little giant*. Élévation et coupes longitudinale et transversale de l'ajutage, montrant les feuilles de tôle destinées à empêcher l'eau de tournoyer (voir p. 35).

Fig. 6 et 7. — Coupe transversale et élévation en long d'un *sluice-box*, de la mine Pactolus. Pavage en pierres.

N. B. — Les figures 2, 3, Pl. I, et 4, 5, Pl. II, sont empruntées aux *Statistics of mines and mining*, etc.

SOMMAIRE.

Ouvrages dans lesquels il est question de l'exploitation hydraulique. Chemins de fer de la Californie.

§ 1. — *De la nature des alluvions aurifères anciennes.* — Aspects des dépôts; couronnements de roches volcaniques. Sortes de vallées

remplies par les dépôts; composition et richesse des dépôts. Théories proposées pour en expliquer la formation.

§ 2. — *Indication sommaire de l'ensemble des procédés.* — Historique de la découverte de ces procédés. Ordre suivi dans les descriptions.

§ 3. — *Travaux d'amenée d'eau aux mines.* — Conditions à remplir. Régime des rivières. Réservoirs et barrages. Canaux : construction et entretien. Estacades en charpente. Siphons. Réservoirs intermédiaires. Dépenses de construction des canaux.

§ 4. — *Tunnels pour l'écoulement des eaux.* — Section à leur donner. Communication du tunnel avec le terrain aurifère et précautions à prendre. Exemples de ces tunnels.

§ 5. — *Des appareils qui servent à l'emploi de l'eau.* — Tuyaux. Divers systèmes d'ajutages.

§ 6. — *Travaux d'ouverture d'une mine hydraulique.*

§ 7. — *Travaux réguliers d'exploitation d'une mine hydraulique.* — Emploi de l'eau. Blocs de rochers. Grands fourneaux de mine. Quantités d'eau et de poudre nécessaires.

§ 8. — *Canaux d'amalgamation. Sluice-boxes.* — Construction. Pente. Pavage en bois et en pierres. Prix de la construction. *Grizzlies. Under-currents.* Longueur de la ligne de *sluice-boxes.* Manière de mettre le mercure et quantité. Manière de recueillir l'amalgame.

§ 9. — *Traitement de l'amalgame.* — Purification. Distillation.

§ 10. — *Sur la proportion d'or perdue dans l'exploitation hydraulique et les moyens de la réduire.* — Défauts de la méthode actuelle. Perfectionnements proposés : séparation complète des matières fines et additions d'eau pure.

§ 11. — *Des résidus rejetés par les mines.* — Difficultés pour certaines mines; conflits entre les agriculteurs et les mineurs; législation.

§ 12. — *Traitement du blue cement au bocard.* — Frais de la méthode.

§ 13. — *Exemples d'exploitations aurifères dans le bassin de l'Yuba.* — Mines de Smartsville; entre French Corral et North San Juan; entre Cherokee et North Bloomfield; quelques autres mines.

Conclusion.

Note A. — *De la mesure de l'eau.* — Pouce de mineur. Vente de l'eau.

Note B. — *Mémoire descriptif des travaux d'amenée d'eau à la mine de Morris's Ravine.*

Note C. — *Des roues hydrauliques dites hurdy-gurdy.*

Note D. — *Anciens appareils de lavage des sables aurifères. Pan, rocker, long tom.* — Comparaison des prix de revient dans les divers systèmes.

Note E. — *Raffinage de l'or et de l'argent à San Francisco.* — Réduction du sulfate d'argent par le sulfate de protoxyde de fer. Régénération de la dissolution de ce dernier sel.

Addition au § 1.

Légende des figures.

NOTE

SUR UN NOUVEAU SYSTÈME DE FLOTTEUR.

Par M. MEUGY, Ingénieur en chef des mines.

M. Chaudré, constructeur, ancien chef-mécanicien au chemin de fer de l'Est, demeurant boulevard de Vaugirard, n° 79, a imaginé un nouveau système de flotteur qu'il peut être utile de faire connaître aux fabricants de chaudières ainsi qu'aux propriétaires d'appareils à vapeur.

Cet instrument, où toute boîte à étoupes est supprimée, possède une grande sensibilité et fonctionne très-régulièrement sans aucune perte de vapeur.

Le principe sur lequel il est fondé consiste à imprimer à un tube en cuivre fixé à l'un de ses bouts et traversé dans toute sa longueur par une tige d'acier soudée à son autre bout, une légère torsion, au moyen d'un levier transversal à ce tube et mû directement par le flotteur. Une fourchette, fixée à l'extrémité de la tige, transmet son mouvement par une petite chaînette à l'axe d'une aiguille mobile sur un cadran.

Il résulte de cette disposition que la plus légère oscillation du flotteur se traduit extérieurement par un arc d'une certaine amplitude décrit par l'aiguille.

Les *fig.* 8 à 12, Pl. II, montrent l'appareil dans tous ses détails, placé horizontalement (*fig.* 8 et 9) ou verticalement (*fig.* 10 à 12).

Le flotteur (*a*), équilibré par un contre-poids (*b*); agit par l'intermédiaire d'une portion d'hélice (*c*) sur un levier (*d*), fixé à angle droit sur le tube en cuivre (*f*), à l'intérieur duquel est soudée en (*g*) la tige d'acier (*h*), qui sort librement à l'autre extrémité du tube. Ce tube, entouré d'un

fourreau en fonte, ou en cuivre, servant à la fois d'enveloppe et de support, auquel il est soudé lui-même en (*i*), est donc absolument fixe en ce point. D'un autre côté, l'ensemble de la tige, du tube et du manchon en acier (*k*), qui entoure ce dernier auquel il est aussi soudé, repose en (*l*) sur le fourreau-enveloppe avec un jeu de 1 millimètre. Cette enveloppe, à laquelle on peut adapter en même temps un sifflet d'alarme, un manomètre et une ou deux soupapes de sûreté, s'adapte sur la chaudière au moyen d'un joint ordinaire (*m*). L'eau résultant de la condensation de la vapeur qui remplit l'intérieur de l'enveloppe, fait retour au générateur par le petit conduit (*o*). La fourchette (*p*), adaptée à l'extrémité de la tige d'acier, transmet son mouvement de rotation à l'aiguille (*q*) par l'intermédiaire de la petite chaîne (*r*) qui s'enroule sur un tambour fixé sur son axe.

Pour une différence de 20 centimètres dans le niveau de l'eau, le tube se tord de 5° dans les deux sens et la fourchette se déplace d'un angle égal, à droite comme à gauche de la verticale, en entraînant l'axe de l'aiguille qui parcourt sur le cadran un arc total de 240° environ.

L'amplitude de l'oscillation de l'aiguille ne dépend d'ailleurs que du rapport entre le diamètre du tambour et la longueur de la fourchette.

M. Chaudré, en dehors de l'invention qui lui est propre, a appliqué à son flotteur une sonnerie électrique destinée à prévenir le directeur de l'établissement du manque ou de l'excès de l'eau dans le générateur. Pour cela, il suffit de fixer l'un des pôles d'une pile aux limites de l'arc décrit par l'aiguille à laquelle on fait aboutir l'autre pôle. Dès qu'a lieu le contact de l'aiguille avec le pôle opposé, le courant s'établit et la sonnerie marche. On peut s'arranger de manière à indiquer l'excès d'eau par une autre sonnerie d'un timbre différent en disposant un second fil entre la pile et le cadran.

M. Chaudré a construit un flotteur d'une autre espèce (*fig.* 13), fondé, non plus sur la torsion, mais sur la flexion d'un tube métallique. Ici, il n'y a plus de levier coudé et le mouvement se communique par des artifices semblables aux précédents, du flotteur au tube qui est fixé d'un côté à une enveloppe reposant sur la chaudière et libre de l'autre côté. La marche de cet instrument se comprend d'elle-même sans qu'il soit besoin d'entrer dans de nouveaux détails.

Les avantages que présentent ces systèmes de flotteurs sont, je le répète, une grande mobilité résultant de l'absence presque complète de frottements, par conséquent l'inutilité d'un flotteur de gros volume, et de plus une complète imperméabilité par suite de la suppression de toute garniture et de tout calfat.

NOTE

SUR

LA RÉGION FERRIFÈRE DES OUELHASSA

Par M. POUYANNE, ingénieur des mines.

L'Algérie contient un grand nombre de gîtes de fer, dont le principal et le plus célèbre, ***Mokta el Haddid***, est connu et exploité depuis bien des années. Il a été longtemps à peu près le seul à jouir de ce privilége. Heureusement la grande hausse qui s'est produite en 1872 et 1873, a attiré l'attention des commerçants et des industriels sur beaucoup de gîtes qui jusqu'alors n'avaient guère obtenu que celle des géologues. Des travaux de recherches et d'exploitation ont été entrepris un peu partout; la plupart se continuent malgré le calme actuel des affaires, et même il se produit assez souvent de nouvelles découvertes. Il s'en produira vraisemblablement beaucoup d'autres, car des territoires étendus sont restés jusqu'à présent à peu près inexplorés, même dans le voisinage de la mer, et cela s'explique facilement en considérant, d'une part combien notre occupation est récente, d'autre part combien le pays est vaste, et combien les points éloignés des centres de colonisation offrent aux explorateurs des difficultés de toute espèce.

Quoi qu'il en soit, les modes et conditions géologiques de gisement sont bien loin d'être aussi variés que les gîtes eux-mêmes, car, sous ce rapport, ceux d'entre eux qui présentent quelque importance, se rangent exclusivement sous trois types d'ailleurs fort distincts. Le premier, comprenant *Mokta el Haddid* et ses analogues, domine dans la

province de Constantine, et est représenté aussi dans la Kabylie d'Alger. Ce sont des gîtes de fer oxydulé et de fer oligiste en rapport intime avec des terrains anciens. Le deuxième type se rapporte à de nombreux filons encaissés dans le terrain crétacé. Ce sont des fers spathiques et des hématites provenant de leur altération, associés à des minerais de cuivre ou de plomb, de façon que ces derniers sont quelquefois dominants, et le plus souvent très-accessoires. Ce type se rencontre surtout dans la province d'Alger.

Le troisième type domine dans la province d'Oran, tout en ayant aussi des représentants remarquables dans l'ouest de celle d'Alger. Il est formé par des hématites très-intimement associées à des calcaires compactes de la période secondaire. On peut y comprendre accessoirement des dépôts remaniés, formés à l'époque tertiaire aux dépens des précédents et dans leur voisinage, lorsque les circonstances locales s'y sont prêtées.

Parmi les gîtes se rapportant à ce troisième type, il existe sur la partie du terriroire des Ouelhassa qui s'étend à l'est de la Tafna, un groupe remarquable sur lequel, dans ces derniers temps, il a été fait de nombreux travaux avec des succès divers. Cette portion du territoire des Ouelhassa forme aujourd'hui une section de la commune mixte de Tlemcen. Par suite d'une résidence prolongée dans cette dernière ville, la géologie locale des Ouelhassa m'est infiniment plus familière que celle de toute autre région ferrifère du même type, je ne saurais donc choisir un meilleur exemple pour faire ressortir la nature et la manière d'être de ce genre de gisements. C'est pourquoi je me suis proposé de donner dans la présente note la description de la région ferrifère des Ouelhassa. La première partie de ce travail sera consacrée à l'exposition des principaux faits géologiques de la contrée; la deuxième contiendra d'abord quelques renseignements sur les conditions écono-

miques auxquelles se trouve soumise l'exploitation des gîtes, et indiquera ensuite pour chaque gîte particulier les quelques détails que permettent de donner les faits actuellement connus.

PREMIÈRE PARTIE.

Bien que d'étendue médiocre, le pays dont il est ici question contient des échantillons de terrains assez divers, et la description en serait peu intelligible sans le secours d'une carte. On y trouve en effet, outre diverses roches éruptives, des schistes anciens, des calcaires qui paraissent devoir être rapportés au lias, au moins jusqu'à preuve contraire, une formation crétacée, deux terrains de l'époque miocène, un peu de pliocène, un terrain quaternaire marin et des alluvions. Le fer s'y rencontre principalement dans les îlots de calcaire liasique, et parfois dans le terrain miocène au voisinage de ces îlots.

La carte (Pl. III) jointe à la présente note, a été dressée à l'échelle de 1/100.000e, et j'ai apporté tous mes soins à la rendre aussi exacte que possible. En tant que dessin géographique, elle est basée sur la triangulation de l'état-major, triangulation à laquelle sont empruntés les points suivants :

Phare de Rachgoun.
Djebel Skouna.
Djebel Nedjaria.
Djebel Haouaria.
Gadet er Rezzelan.
Ras Boukourdan.
Rekbet el Hassi.
Rekbet el Asfyr.
El Bordji.

La côte a été vérifiée d'après les récents travaux de M. le commandant Mouchez ; les ravins ont été tracés par réduction des plans au 1/10.000e levés par le service topographique pour l'application de la loi du 26 juillet 1873. En m'appuyant sur le réseau des points de l'état-major,

j'ai personnellement relevé au sextant divers points complémentaires, et la totalité des limites géologiques indiquées. Les incertitudes qu'elles peuvent présenter ne sont donc autres que celles qui ont pu se rencontrer dans leur détermination sur le terrain. Ces incertitudes ne sont point nulles; car plusieurs des formations délimitées étant formées des débris de celles qui les supportent, surtout aux points de contact, il n'est pas toujours facile d'apprécier exactement la vraie position des limites. Mais ce genre d'incertitudes ne semble pas pouvoir entraîner dans de bien grands écarts, et l'on peut admettre que les erreurs en provenant sont de médiocre importance.

Les divers affleurements ferrifères connus sont indiqués sur la carte par des groupes de petites croix noires, et chacun d'eux porte en outre un numéro accompagné de la lettre F. C'est le mode de désignation qui a paru le plus clair et le plus court à la fois. S'il eût fallu marquer toutes les traces de fer existant dans les calcaires, la place aurait manqué pour les indications; il a semblé suffisant de marquer seulement les affleurements pouvant fournir au moins quelques tonnes de minerai marchand et motiver quelques travaux de recherches.

Dans ces limites, il y en a encore 31 de valeur industrielle très-variable; plusieurs sont déjà reconnus comme insignifiants sous ce rapport, mais tous offrent quelque intérêt, au moins à titre de points géologiques.

Ces préliminaires posés, je vais passer aux détails qui ne ressortent point directement de la vue de la carte, en m'attachant pour chaque terrain à indiquer les rapports prochains ou éloignés qui peuvent exister entre lui et les gîtes ferrifères, ou bien l'absence de ces rapports, tant au point de vue de l'origine des gîtes qu'à celui de leur exploration ou de leur exploitation.

Roches éruptives.

Les roches éruptives occupent une étendue notable dans la contrée, et presque toute cette étendue appartient au basalte, roche d'ailleurs très-répandue dans le nord de la subdivision de Tlemcen, et y étant arrivée au jour à diverses époques. Tous les basaltes des Ouelhassa sont postérieurs au terrain miocène, sur lequel ils reposent en nappes avec beaucoup de netteté. Comme d'autre part le minerai de fer est antérieur au moins au deuxième terrain miocène, lequel en contient des débris remaniés de façon à ne laisser place à aucun doute sur ce point, il s'ensuit que l'arrivée du fer est antérieure à celle des basaltes, lesquels n'ont par conséquent aucun rapport avec l'origine des minerais.

Ces nappes de basaltes sont d'épaisseur diverse; la plus puissante est celle qui forme les sommets de Ras Bou Kourdan et Gadet er Rezzelan. Elle est facile à observer notamment dans le Chabat Elm Dada, ravin très-profondément encaissé dans le basalte, qui s'y montre de chaque côté sur une épaisseur de plus de 100 mètres. Cette nappe s'abaisse au nord en passant sous le terrain quaternaire, et reparaît en lisière sur la côte, où elle émerge de quelques mètres à peine au-dessus du niveau de la mer. Elle borne aussi de la même manière le rivage de l'île de Rachgoun, et soustrait ainsi à l'action actuelle des vagues les hautes falaises du terrain quaternaire, qui sont partout extrêmement abruptes. Ces dispositions topographiques ne sont pas sans influence sur la manière d'aborder l'exploitation des minerais de fer. Elles s'opposent en effet absolument pour la presque totalité de ces minerais à ce qu'on puisse les conduire économiquement à l'embouchure de la Tafna, point où un port eût été plus facile à installer qu'ailleurs, et aurait en outre satisfait à beaucoup d'intérêts autres que ceux des minerais.

Sur les trois îlots de gypse existants, deux sont trop petits pour avoir une étendue sensible à l'échelle de 1/100.000^e, et ne sont marqués sur la carte que par un point. Aucun des trois n'a d'ailleurs aucun rapport quelconque avec le minerai de fer. Ces gypses paraissent avoir accompagné l'éruption d'une roche amphibolique verte, car ils en contiennent quelques fragments. Mais aucun affleurement de cette roche n'est visible à la surface du sol.

En dehors des basaltes et des gypses, on ne trouve plus que trois îlots de roches éruptives différentes. Le premier et le plus étendu est situé sur le flanc de Skouna; il est formé par une espèce de porphyre blanc jaunâtre, et n'est en relation avec aucun gîte. Le deuxième est situé dans le ravin de l'Oued Safsaf; il est formé de diorite et touche un îlot de calcaire ferrifère; mais le fer ne s'y trouve pas au contact de la diorite, et il en paraît totalement indépendant. Le troisième îlot éruptif a moins de 100 mètres carrés de surface, et par suite est marqué sur la carte par un simple point. Il est situé près du gîte n° 2, et formé par une roche verte très-épidotifère. Il est possible qu'il soit en relation avec des géodes de cuivre carbonaté que l'on trouve en petite quantité dans le voisinage, tant dans le minerai de fer que dans les schistes anciens environnants. En ce cas, il n'aurait pas plus de rapport à l'origine du minerai de fer qu'à celle des schistes eux-mêmes. Cet îlot absolument local ne saurait d'ailleurs rendre compte de l'existence de tous les gîtes du pays.

En résumé, les roches éruptives visibles dans la contrée paraissent absolument étrangères à l'origine des minerais de fer.

Roches sédimentaires.

Schistes anciens. — Le plus ancien terrain sédimentaire qui se trouve chez les Ouelhassa, est celui que je désigne

sous le nom de schistes anciens, faute de données suffisantes pour préciser son âge.

On ne le trouve qu'en îlots de médiocre grandeur; mais ce même terrain est très-développé de l'autre côté de la Tafna dans les montagnes des Traras, et il y atteint une puissance visible qui dépasse 1.500 mètres. Il est principalement formé de schistes phylladiformes, assez souvent un peu talqueux, de colorations diverses, mais généralement peu éclatantes, parmi lesquelles le jaune rougeâtre domine de beaucoup, bien que vers le bas on rencontre une assez grande épaisseur de schistes bleus ou bleu noirâtre. Leur stratification est très-nette, mais le plus souvent fort tourmentée. Ils contiennent quelques rares couches de calcaire peu épaisses, et un assez grand nombre de couches de quartzites intercalaires; de plus on trouve en plusieurs points vers le haut une assise de quartzites assez puissante. Ces schistes sont très-fréquemment coupés par des veinules très-petites de quartz blanc laiteux, et ce caractère peut servir à les distinguer en certains points où ils passent sous des marnes schisteuses secondaires formées à leurs dépens, et qui vers les points de contact leur ressemblent beaucoup.

Dans les Traras ce terrain supporte les calcaires du lias en discordance absolue; mais il ne les supporte pas partout directement, et il en est séparé parfois par un terrain très-épais composé de brèches ou poudingues formés aux dépens des schistes et des granites préexistants. Ces schistes sont donc beaucoup plus anciens que le lias; mais je ne saurais préciser leur âge davantage, faute d'y avoir jusqu'à présent rencontré des fossiles. Je suis seulement disposé à croire sous toutes réserves qu'ils pourraient bien être antésiluriens. Peut-être aussi répondent-ils à deux ou trois âges distincts; mais rien ne l'indique dans les faits actuellement connus.

Les îlots de ce terrain qui sont figurés sur la carte ont

été de fort bonne heure émergés ou quasi-émergés, et sont restés généralement depuis dans cette position en oscillant de temps à autre autour du niveau de la mer. Cela paraît indiqué par la manière même dont les terrains plus récents sont disposés autour de ces îlots. Il est à remarquer que les gîtes de fer se trouvent tous dans leur voisinage, circonstance qui m'avait semblé d'abord importante. Mais depuis que j'ai vu ailleurs des gîtes semblables, bien en plein dans les calcaires, je considère la disposition existant chez les Ouelhassa comme tenant principalement à la petitesse des îlots calcaires. Quoi qu'il en soit dans la région des Ouelhassa, on ne connaît encore aucun gîte encaissé dans les schistes anciens vrais. Il y a pourtant lieu de croire qu'on pourra en trouver, ainsi que cela sera indiqué plus bas.

Calcaires ferrifères. — Après les schistes, le plus ancien terrain sédimentaire que l'on rencontre chez les Ouelhassa est contitué par des calcaires, dans lesquels sont contenus tous ceux des gîtes de fer qui n'ont pas subi de remaniement. Ce sont des calcaires compactes, gris ou bleuâtres, assez souvent subcristallins, à couches souvent épaisses. Leur stratification, très-nette sur certains points, est fréquemment indiscernable. Ils ne reposent pas toujours bien visiblement sur les schistes, comme cela s'observe au sommet du Skouna et du Haouaria, mais se rencontrent aussi en ceinture sur les îlots schisteux, représentant sans doute alors des têtes de couches dont l'érosion a enlevé le reste. Cette disposition pourrait donner lieu à des erreurs d'appréciation, et faire croire à tort à des intercalations dans les schistes, n'était la présence d'un caractère très-facile à observer et que voici. Dans le voisinage des schistes, les calcaires contiennent ordinairement de nombreux débris schisteux disposés à plat, en zones parallèles à la stratification. Ils portent ainsi en eux-mêmes le témoignage irrécusable de leur postériorité.

Ces caractères et dispositions de calcaires, et ces mêmes relations avec les schistes anciens se retrouvent avec une complète identité dans les montagnes des Traras déjà citées. Mais les calcaires de cet endroit sont fort développés, et sur plusieurs points leurs couches les plus élevées contiennent de nombreuses ammonites qui toutes appartiennent à la faune du lias supérieur. Ces calcaires des Traras sont donc liasiques.

Bien que je n'aie pas trouvé de fossiles dans les calcaires des Ouelhassa, l'analogie et le voisinage me conduisent à les rapporter aussi au lias, au moins jusqu'à preuve contraire. Je les désignerai donc sous le nom de calcaires liasiques, aussi bien que sous celui de calcaires ferrifères, et puisque ce sont eux qui contiennent les gîtes de minerai non remanié, il me semble que c'est ici le lieu d'indiquer les caractères généraux de ces gîtes.

Gîtes de fer dans les calcaires. — Les minerais sont des hématites plus ou moins manganésifères, assez dures, et de teneurs très-diverses, car on trouve tous les degrés entre le minerai le plus pur et le calcaire à peine ferrugineux. Ces hématites contiennent quelques géodes de fer spathique altéré, mais conservant encore sa forme cristalline; sur un point elles sont associées à du fer oxydulé, sur deux ou trois autres à de faibles quantités de fer oligiste. Il n'y a généralement pas d'autre gangue que du calcaire. Très-exceptionnellement on rencontre de la silice en proportion notable, sous forme de quartz en géodes ou en cristaux isolés bipyramidés. Très-exceptionnellement aussi on a rencontré des boules de sulfate de baryte paraissant en relation avec des failles.

Une circonstance remarquable et fort importante pour les recherches, c'est que les gîtes contiennent dans leur masse des parties de calcaire pur ou presque pur en morceaux de grosseur ou de formes absolument quelconques.

Il suit de là que lorsqu'un travail de recherches pratiqué dans le minerai vient à rencontrer le calcaire stérile, cela ne prouve nullement que l'on soit à la fin du gîte, lequel peut parfaitement se retrouver derrière ou dessous. Il y a donc toujours lieu, en pareil cas, de prolonger sur quelque étendue la recherche à travers le calcaire, pour ne point risquer de se laisser décourager mal à propos.

Il n'y a pas généralement de surface de séparation brusque entre le minerai et les calcaires encaissants, non plus qu'entre le minerai et les calcaires qu'il encaisse lui-même. L'hématite passe peu à peu au calcaire sur une étendue plus ou moins resserrée, mais presque toujours sensible. En quelques points, très-rares d'ailleurs, l'hématite a même laissé voir des traces assez nettes de stratification. D'après cela il semble qu'on ne saurait appliquer à ces gîtes le nom d'amas avec une propriété parfaite; ce nom en effet doit supposer une cavité primitive postérieurement remplie par une substance en amas. Or les caractères ci-dessus exposés supposent un remplacement total sur certains points, partiel sur certains autres, nul même sur d'autres, encore encastrés pourtant de toute part dans l'intérieur même des gîtes. Tout cela me semble indiquer nettement une action chimique qui s'est nécessairement portée sur les points de plus facile attaque. Il est aisé de voir en effet sur des fragments du calcaire, que le morceau en apparence le plus homogène possède cependant des différences réelles de structure, suffisantes pour rendre inégale l'action des réactifs, soit que cela tienne à de faibles variations de composition, telles que toute couche sédimentaire peut en présenter entre deux de ses points même très-voisins, soit que cela dépende uniquement de simples différences locales dans la cohésion, ou plus probablement encore pour ces deux raisons à la fois.

Cette conclusion étant admise, la nature même du minerai et son mode d'agencement avec les calcaires pa-

raissent dériver d'une action chimique par la voie humide, au moyen d'un dissolvant susceptible d'attaquer le calcaire et de le remplacer par le fer. En d'autres termes, on est conduit à attribuer la production des gîtes à des sources thermo-minérales pauvres en chaux et riches en fer.

Étant donnée l'existence de pareilles sources dans un terrain déterminé, il semble que l'on peut se former une idée *à priori* de la nature des gîtes auxquels elles pourront donner naissance. Si, par exemple, pour un premier cas, on suppose qu'elles arrivent par des fentes d'amenée traversant un terrain sur lequel l'action chimique des eaux soit insignifiante, elles ne pourront que remplir ces fentes par le dépôt de tout ou partie des principes qu'elles contiennent, dépôt dont la nature dépendra premièrement de la composition des eaux, et probablement aussi de leur débit, deuxièmement de la pression et de la température, c'est-à-dire de la position des points de dépôt dans les fentes d'amenée. Si les eaux ne s'épuisent pas entièrement en route, elles achèveront leur dépôt autour de leurs points d'émergence. On aura ainsi des filons de composition plus ou moins variable en profondeur, munis de chapeaux plus ou moins vastes. C'est ce qui semble avoir été réalisé dans les gîtes de deuxième type dont il a été question plus haut, gîtes encaissés dans des schistes crétacés qui ne se sont point prêtés à un autre genre d'action. Si, au contraire, on suppose que les fentes d'amenée aboutissent dans des roches que les eaux de sources peuvent dissoudre, ces eaux pénétreront plus ou moins loin dans la roche en attaquant les parties les plus solubles et y substituant leur dépôts; il se produira ainsi une espèce d'épigénie sur une étendue qui dépendra de la texture intime de la roche attaquée d'une part, de la composition chimique et de la quantité de l'eau affluente d'autre part. C'est là le cas qui me semble s'être réalisé chez les Ouelhassa, et qui peut fournir l'explication de l'origine et du mode de gisement

des gîtes encaissés dans le calcaire tels qu'ils sont connus actuellement.

Il est bien remarquable que dans ces minerais au calcaire le soufre soit à peu près totalement absent, tandis qu'il existe presque partout en quantité plus ou moins considérable dans les minerais du deuxième type. Sans doute certaines sources ferrugineuses pouvaient être sulfureuses, et d'autres privées de soufre; mais il serait bien étrange que les premières eussent surgi exclusivement dans les schistes crétacés, les autres préférant les calcaires. Peut-être la dissolution même du calcaire a-t-elle été une cause d'élimination pour le soufre dans les dépôts; c'est un point qui ne pourrait être entièrement élucidé que par des expériences spéciales.

Il peut être bon d'observer pour les gîtes des Ouelhassa qu'ils se trouvent tous littoraux par rapport aux schistes anciens, et que, par suite, le calcaire qui les contient ne saurait avoir une très-grande épaisseur. Les sources productrices des gîtes, suivant ma manière de voir, ont dû arriver aux calcaires à travers les schistes anciens, et elles ont très-bien pu laisser dans ceux-ci des dépôts se rapprochant du deuxième type. Il n'y aurait donc rien d'étonnant à ce que les gîtes du calcaire se trouvassent superposés à des filons contenus dans les schistes, filons dont ils formeraient ainsi des espèces particulières de chapeaux. Il est probable que ce cas doit s'être réalisé pour un certain nombre de gîtes, mais on ne saurait affirmer d'avance qu'il en sera ainsi dans tel ou tel endroit particulier, les eaux pouvant toujours être arrivées par des fentes très-étroites où elles n'auraient pu déposer rien d'utile. Aucun travail d'ailleurs n'a encore été poussé assez loin aux Ouelhassa, pour prouver *de visu* l'existence d'un pareil gisement de support.

Aucun travail non plus n'a mis en relief un point qu'il serait pourtant fort intéressant de connaître, la direction

ou les directions des fentes d'amenée. On comprend d'ailleurs sans peine que la nature spéciale de ces gîtes se prête fort peu à une semblable reconnaissance. Voici le seul fait de cet ordre qui me semble avoir quelque valeur. Les gîtes principaux des Ouelhassa sont incontestablement R'ar el Baroud (n° 18), Dar Rih (n° 11) et les gîtes du Haouaria (n°s 4, 5, 6 et 7). Or, si l'on joint le sommet de la colline de R'ar el Baroud au sommet du Haouaria, cette ligne passe aussi sur Dar Rih et semble coordonner de la sorte les lieux où les dépôts de fer ont été le plus intenses. Elle est orientée N. 36° E. environ, et c'est la même orientation que celle du gîte de plomb et zinc de Mazis, et celle de divers autres accidents du pays. C'est une direction que je rapporte au deuxième octaédrique de l'Etna, et qui est comprise comme époque entre la fin du néocomien et le commencement du miocène.

Terrain crétacé. — Le terrain sédimentaire qui vient après les calcaires ferrifères appartient certainement à l'époque crétacée, ainsi que cela ressort des rares fossiles y recueillis (fragments d'ammonites, traces de rudistes). Mais si ces fossiles ont suffi à déterminer l'époque, ils se sont trouvés trop frustes pour une détermination d'âge plus précise.

Minéralogiquement ce terrain comprend une puissante assise de marnes grises ou noirâtres, très-schisteuses, contenant quelques rares bancs de grès quartziteux interposés et quelques couches peu épaisses de calcaires, rares aussi et isolées, ces dernières contenant fréquemment des noyaux de silex. Cette assise est couronnée par une assise de grès blanchâtres ou rougeâtres, dont les diverses couches offrent des duretés très-diverses. Les marnes grises se trouvent en quelques points en contact avec les marnes miocènes, et en sont fort difficiles à distinguer au premier abord. Pourtant elles ont une manière différente de se déliter, de

sorte qu'après quelque exercice l'œil finit par percevoir entre elles des différences d'aspect peu définissables, mais certaines, qui permettent de faire la délimitation avec assez de sûreté.

Ce terrain crétacé n'apparaît dans la contrée qu'en îlots de médiocre grandeur, dans lesquels je n'ai rien aperçu ayant un rapport quelconque avec le minerai de fer.

Terrain miocène. — Après les couches crétacées, le premier terrain sédimentaire que l'on rencontre chez les Ouel-hassa n'est autre que le terrain miocène. Seulement il comprend deux systèmes de couches fort distincts et très-discordants. Ces deux étages ont été distingués et signalés par M. Pomel, sur d'autres points de l'Algérie, et les noms qu'il leur a donnés sont, pour le plus inférieur *cartennien*, pour l'autre *helvétien*. Dans la vallée de la basse Tafna, ces étages sont peut-être plus distincts que partout ailleurs.

Cartennien. — L'étage cartennien ne fournit, dans la région ferrifère qui nous occupe, que des îlots de très-faible étendue, mais il est fortement développé le long de la Tafna un peu au sud, et aussi dans les montagnes des Traras. Dans ce dernier territoire il atteint une puissance de plus de 700 mètres, et c'est là qu'il laisse le mieux voir sa composition minéralogique.

Il y comprend essentiellement : une énorme assise de poudingues formés aux dépens de tous les terrains préexistants, une assise de marnes schisteuses grises aussi puissantes que les poudingues qui la supportent, et ressemblant beaucoup par son aspect aux marnes crétacées ; enfin une assise de grès plus ou moins durs, souvent très-quartziteux, moins importante que les deux autres. Les deux assises supérieures ne sont pas visibles dans la vallée de la Tafna, où l'on ne trouve que l'assise de poudingues. Ceux-ci y sont à éléments beaucoup plus petits que dans

les Traras, ce qui est fort naturel, car on y est beaucoup plus loin des rivages de la mer cartennienne ; ces éléments s'atténuent même assez pour que certaines couches soient du vrai sable plus ou moins agrégé et qu'il apparaisse de minces couches de marnes colorées en vert ou en rouge. Examinées de près, ces dernières paraissent être moins un dépôt de marne véritable qu'un dépôt de débris remaniés empruntés à de vraies marnes plus anciennes.

Ces couches sont fortement relevées dans toute la vallée de la Tafna, suivant une direction N. 3 à 5° E., et arrivent fréquemment à être presque verticales. C'est dans cet état qu'on les voit passer sous les couches horizontales de l'helvétien. La direction ci-dessus indiquée n'est autre que celle du système du Vercors. De nombreux accidents de ce système affectant le même terrain ont été signalés ailleurs par M. Pomel, et constituent un des principaux fondements de la distinction qu'il a établie entre le cartennien et l'helvétien, terrains qui offrent d'ailleurs l'un et l'autre une faune miocène.

Un des caractères les plus remarquables des poudingues cartenniens, tant dans la vallée de la basse Tafna que dans la partie la plus basse des couches des Traras, consiste dans l'extrême intensité de la coloration rouge qu'ils présentent. En considérant à une faible distance les tranches de ces couches, on se croirait presque toujours en face de gîtes de fer; et de fait en quelques points, sur le Sfyan et vers Hanaï par exemple, la roche devient un vrai gîte, mais à faible teneur malheureusement. Cela est d'ailleurs tout local, et le cas général est une roche très-ferrifère, mais ne constituant nullement un minerai utilisable.

Il ne me semble pas possible d'expliquer ce fait en supposant qu'un des éléments des poudingues cartenniens soit emprunté à des gîtes de minerais de fer préexistants. La grande étendue du phénomène obligerait à admettre la préexistence de gîtes très-nombreux et très-puissants sur

tout le pourtour du bassin, et l'on en retrouverait sûrement partout des traces, notamment dans les Traras, où l'on ne connaît pourtant que deux ou trois gîtes assez médiocres. Cette hypothèse écartée, il faut admettre, ce me semble, à cette époque, dans la vallée actuelle de la basse Tafna et ses environs, l'existence de nombreuses sources ferrifères dans la mer cartennienne. Dès lors il est tout à fait naturel d'admettre l'existence de sources semblables dans les îlots qui se trouvaient émergés au milieu de cette mer, et par suite de rapporter l'origine des gîtes de fer des Ouelhassa au commencement de la période miocène. Sans être précisément démonstratives, les considérations précédentes me semblent créer une assez grande probabilité en faveur de cette opinion, probabilité corroborée encore par cette circonstance que, dans la province d'Alger, on est amené à rapporter positivement à la même époque l'origine d'un gîte analogue à ceux des Ouelhassa, celui du Djebel-Haddid près de Ténès.

Helvétien. — L'étage helvétien est celui qui contient les couches à *Ostrea crassissima;* il constitue dans les provinces d'Oran et d'Alger un terrain encore plus puissant que le cartennien. Mais on ne trouve chez les Ouelhassa que sa portion la plus inférieure. C'est une assise arénacée formée de poudingues dans le bas, et passant dans le haut à des grès tendres et à des sables, assise supportant ensuite une puissante formation de marnes grises. L'argile sableuse est souvent calcarifère, et cela sous deux formes très-différentes. Dans la première le calcaire se trouve, ou bien mêlé au sable et formant avec lui un grès plus ou moins consistant, ou bien isolé en couches intercalées dans les sables, ce qui est plus rare. Dans la deuxième forme, le calcaire est beaucoup plus développé et forme autour des îlots de terrains plus anciens des récifs étendus, contenant beaucoup de polypiers, et finissant par passer latéralement aux

sables. Ces récifs sont, chez les Ouelhassa, exactement à la hauteur des assises sableuses supérieures.

Dans la région environnant immédiatement les gîtes, l'helvétien n'est représenté que par l'assise sableuse supérieure avec calcaires plus ou moins développés. Les couches sont très-bien réglées, ainsi qu'on peut le voir tant dans les ravins que sur les falaises du bord de la mer, et elles ne s'écartent guère de l'horizontalité. Mais cette régularité ne commence qu'à une certaine distance des îlots plus anciens sur lesquels l'helvétien s'appuie. Dans le voisinage immédiat de ces îlots, l'helvétien commence par une zone littorale qui n'est plus exclusivement sableuse ou calcaréo-sableuse, mais qui contient en outre, enchevêtrées avec le sable, des lentilles dont les matériaux ne sont autres que les débris des terrains d'appui, schistes anciens, blocs de calcaire liasique, fragments d'hématite. Toutefois ces matériaux ne sont point intimement mélangés les uns aux autres; tout au contraire, en raison des différences de forme, de volume et de densité, chaque espèce de matériaux s'est groupée avec ses similaires, à la suite d'un véritable lavage naturel opéré par les vagues de la mer helvétienne, ce qui paraît supposer une période de dépôt très-tranquille. Les calcaires forment surtout de gros blocs isolés çà et là; ils ont été trop durs et trop peu roulés pour se transformer en lentilles cohérentes. Beaucoup de ces blocs contiennent encore les débris de schistes anciens qui peuvent en indiquer la stratification originaire.

Les débris de schistes forment des lentilles plus ou moins grandes, et les débris du minerai en forment d'autres. L'hématite riche, plus tendre que le calcaire, s'est laissé plus facilement attaquer.

Au premier abord cette disposition peut tromper beaucoup et faire croire à la présence de schistes anciens en place, là où il n'y en a point en réalité. Mais une étude poussée plus loin, surtout dans les surfaces d'attaque des

travaux déjà exécutés, me semble suffire pour dissiper facilement toute incertitude. On est mis d'abord sur ses gardes par l'enchevêtrement avec le sable; il n'est en effet nullement admissible de voir des schistes anciens superposés à des sables tertiaires. De plus il est facile d'observer sur les coupes que les lentilles de débris de schistes sont tout à fait dépourvues de stratification, et composées de morceaux hétérogènes, tandis que la stratification et l'homogénéité par couches sont des caractères essentiels des schistes véritables. Souvent de plus, dans ces lentilles, les débris composants sont plus ou moins imprégnés d'un peu d'argile provenant de leur décomposition superficielle.

Les lentilles formées par l'hématite remaniée constituent la deuxième espèce des gîtes des Ouelhassa. Elles peuvent parfaitement, à mon avis, se distinguer des gîtes en place par des caractères intrinsèques. En les examinant de près dans une attaque quelconque (il y a des travaux sur la plupart de ces gîtes), on voit qu'elles sont formées de débris menus assez peu cohérents entre eux; et cette circonstance donne aux surfaces d'attaque un aspect spécial auquel on ne peut guère se tromper, très-différent de l'aspect présenté en pareil cas par le minerai en place. Ce dernier, en effet, donne des fronts de taille ressemblant beaucoup à ceux que l'on obtient dans le calcaire dur. Cette différence d'aspect est accompagnée d'une différence de dureté correspondante. Ces lentilles tendres sont donc bien remaniées comme celles des schistes, et l'enchevêtrement des unes et des autres avec le sable jaune helvétien bien reconnaissable, prouve nettement que ce remaniement a été opéré par les vagues de la mer helvétienne.

Ce genre de dépôt est tout à fait littoral à la surface; mais il en existe de semblables sous une profondeur plus ou moins forte de sables bien réglés, ainsi qu'on peut le voir notamment aux gîtes n°s 12 et 14 de la carte. Si donc la côte était restée invariable pendant la durée du dépôt

des sables helvétiens, on ne comprendrait guère comment les gîtes n°s 12 et 14, par exemple, auraient pu se produire sous une profondeur d'eau de plus de 100 mètres. En effet, l'espèce de lavage naturel dont ils témoignent suppose des mouvements dans l'eau, et ces mouvements ne peuvent être sensibles que vers le rivage et à de petites profondeurs. Mais pour écarter cette difficulté, il suffit d'admettre que les assises helvétiennes se sont déposées sur ce point pendant une période d'affaissement lent. La côte d'Algérie étant en mouvement très-lent encore de nos jours, il n'y a rien de surprenant à reconnaître qu'il en était de même autrefois. C'est seulement une circonstance bonne à noter, parce qu'elle peut engager au besoin à chercher des gîtes plus bas et plus loin des affleurements anciens qu'on ne serait tenté de le faire sans cela.

En dehors des lentilles dont il vient d'être question, les couches helvétiennes réglées ne contiennent que fort peu de débris de schistes ou d'hématite. Le peu de ces sortes de débris que l'on rencontre dans les couches de sable y sont disséminés à l'état sporadique. Tels qu'ils sont cependant, ils suffisent parfaitement à eux seuls pour démontrer que les hématites des calcaires se sont produites antérieurement à l'époque helvétienne.

Terrain pliocène. — Le terrain pliocène ne se montre qu'entre Camerata et le Djebel Haouaria dans la région représentée par la carte.

La limite avec le terrain helvétien est assez incertaine, parce que le pliocène contient des sables très-peu agrégés, et que l'helvétien en contient aussi à la plupart des points de contact.

On ne connaît pas jusqu'à présent de gîtes de remaniement dans le pliocène. Au contact du gîte n° 4 de la carte, ce terrain contient pourtant une brèche formée de fragments de calcaire liasique, de schistes et de morceaux d'hé-

matite. Mais ces débris sont confusément mêlés dans cette brèche, au lieu d'être disposés en lentilles séparées comme dans l'helvétien. Cela semble indiquer que les conditions de dépôt ont été fort différentes aux deux époques.

Terrain quaternaire. — Le terrain quaternaire figuré sur la carte est marin comme tous les précédents et repose sur le basalte. Ses couches sont fort peu écartées de l'horizontale, semblables en cela à celles du pliocène et de l'helvétien. Il est bien stratifié et composé par l'alternance des éléments suivants :

1° Espèces de pépérinos formés de débris de basalte plus ou moins altérés, les uns très-menus formant des couches minces, les autres moyens, d'autres encore très-gros et simulant des couches de basalte en place ;

2° Poudingues à petits éléments, grès sableux ;

3° Minces couches de marnes blanches ou grises.

Toute la formation est couronnée par un banc de calcaire ressemblant à du travertin.

Dans plusieurs des couches formées de débris de basalte, ces débris se trouvent localement assez altérés pour passer à la pouzzolane. On en a quelque temps exploité des carrières dans la falaise nord de l'île de Rachgoun, et l'on pourrait assurément en trouver d'autres sur divers points de la côte. Peut-être ces pouzzolanes pourront-elles trouver quelque emploi dans les divers travaux projetés pour l'exploitation de quelques-uns des gîtes de fer.

Alluvions. — Les alluvions de la Tafna n'offrent qu'un seul genre d'intérêt, celui de présenter de bonnes surfaces propres à la culture et à l'irrigation.

DEUXIÈME PARTIE.

Les minerais de fer algériens en général, ceux des Ouelhassa en particulier, ne sont point utilisables sur place faute d'usines; il faut donc nécessairement les exporter pour en tirer parti, et comme ce sont des matières de valeur assez faible, cette circonstance impose naturellement des restrictions très-notables à leur exploitation. C'est le sentiment de cette situation qui a longtemps maintenu l'indifférence du public à l'égard des minerais algériens, et empêché de prendre garde aux ressources existantes. La hausse de 1872 a forcé à cet égard l'attention du public, et fait franchir un premier pas très-difficile dans un pays aussi neuf que l'Algérie. Elle a rendu sous ce rapport un service essentiel.

Toutefois des entreprises sérieuses et durables ne peuvent se baser sur de hauts prix accidentels, et doivent vivre sur les prix ordinaires. Ceux-ci sont peu élevés, et pour tout gîte qui ne peut pas fournir normalement du minerai à des prix de revient plus bas, il n'y a d'exploitation possible que d'une façon passagère et intermittente pendant quelque forte hausse.

Les prix de revient varient naturellement beaucoup suivant la situation des gîtes. Les minerais se vendant à la côte sous palan, ces prix comprennent les quatre éléments que voici :

1° Frais généraux et amortissement du capital immobilisé ;

2° Frais d'extraction ;

3° Frais de transport à la côte ;

4° Frais d'embarquement.

On peut abaisser au minimum les frais d'extraction par un plan bien coordonné de travaux et des aménagements convenables ; on peut de même perfectionner les moyens

de transport suivant les indications locales, et en réduire ainsi les frais ; on peut enfin gagner sur l'embarquement par l'établissement d'ouvrages à la mer. Mais toutes ces améliorations ne peuvent s'obtenir que par l'immobilisation d'un capital suffisant dont l'amortissement charge d'autant le premier article.

Pour que cette charge laisse le prix de revient diminué, il faut absolument qu'elle soit rendue assez faible par sa répartition sur un grand nombre de tonnes vendues ; il faut donc, avant tout, qu'il existe dans les gîtes à exploiter des quantités suffisantes pour l'amortissement du capital à employer, capital qui doit être déterminé d'après les conditions locales.

D'après cela le premier élément d'une entreprise raisonnable doit consister dans l'exécution de travaux de recherches suffisants pour reconnaître positivement des chiffres précis en quantité. Ces recherches ne sont pas moins indispensables pour déterminer les engagements qui peuvent être pris avec des acheteurs, et soustraire les entreprises à un mode de vie précaire et aléatoire. Ces précautions si élémentaires sont loin pourtant d'être généralement employées. Comme presque tous les gîtes sont des minerais exploitables à ciel ouvert, on se laisse aller assez facilement à exploiter sans faire de recherches, marche très-imprudente et bien propre à amener de graves déceptions, à moins que l'on n'exploite seulement sur commande. Mais dans ce cas on ne saurait dire qu'il y ait une véritable entreprise durable.

L'existence dans les gîtes de quantités suffisantes étant supposée reconnue, c'est déjà là un grand point, et cependant cela ne suffit pas. Ce sont, en effet, les quantités vendues, et non les quantités extraites qui payent l'amortissement. Or si l'on ne peut rien vendre que l'on n'ait d'abord extrait et transporté à la côte, il se peut très bien que l'on ne puisse vendre tout ce que l'on pourrait extraire, car

on ne peut exporter plus que l'on ne peut embarquer. Et pour embarquer, il ne suffit pas d'avoir des facilités de chargement plus ou moins grandes, il faut avoir de plus des navires disponibles en quantité suffisante, condition qui dépend beaucoup du point de la côte auquel on peut amener économiquement les produits.

Ici se pose donc, comme une condition de premier ordre, le plus ou moins de facilité d'aborder la côte, suivant les localités, et l'on voit que cette condition a une influence directe et positive sur le prix de revient. On va voir qu'elle n'en a pas une moindre sur le prix de vente, et que par suite cette condition a une double action sur le bénéfice possible et est tout à fait vitale pour les exploitations.

Le prix de vente en effet dépend d'abord naturellement des teneurs et qualité de la marchandise. Sous ce rapport le minerai des Ouelhassa est très-satisfaisant comme qualité; comme teneurs il demande dans beaucoup de gîtes une certaine attention. Ces teneurs, en effet, sont fort variables sur place, et l'expérience montre qu'on ne peut guère exporter avantageusement des minerais dont la teneur s'abaisse au-dessous de 50 p. 100. Il faut donc se restreindre à exploiter les parties riches des gîtes, et les parties qui, quoique moins riches, peuvent néanmoins fournir suffisamment de minerai marchand à l'aide d'un triage qui ne soit point trop onéreux. Mais, toutes choses égales d'ailleurs, le prix de vente dépend aussi essentiellement des conditions de fret au point d'embarquement. Ce fret est très-variable sur les divers points de la côte, et, sous ce rapport, les minerais qui peuvent gagner un port convenable sans trop de frais se trouvent très-favorisés. A Oran, notamment, ils rencontrent un fret moindre que partout ailleurs, parce que leur transport peut se combiner avec celui de l'alfa, au grand profit des deux marchandises. Mais s'il faut aller embarquer sur un point de la côte où il n'y a pas de port, on ne peut opérer que par le beau temps,

et beaucoup de navires ne se risquent pas volontiers. Cela se traduit nécessairement par une augmentation de fret d'une part, et d'autre part par une diminution des quantités qu'il est possible d'embarquer, c'est-à-dire par un grand amoindrissement des affaires praticables. Pour le minerai des Ouelhassa, il n'eût peut-être pas été possible d'engager aucun gros navire à se risquer, si l'île de Rachgoun ne se trouvait heureusement à portée pour offrir un bon abri à peu près par tous les temps. Malgré cette ressource, les chargements de navires de fort tonnage sont exposés à des interruptions fréquentes, pour peu qu'il survienne quelque grain pendant l'opération, et c'est là encore une cause d'alourdissement pour le fret. D'un autre côté, charger sur des balancelles et avoir un dépôt, soit à Rachgoun, soit à Oran, c'est grever le minerai d'une opération fort onéreuse, qui n'est guère praticable qu'en temps de forte hausse.

On voit combien la question d'embarquement est vitale pour les gîtes des Ouelhassa. Cela a été parfaitement compris par la compagnie des mines de Soumah et de la Tafna, qui possède les principaux gîtes (groupe de Beni Saf). Après s'être assurée de l'existence de quantités suffisantes, notamment dans le gîte de R'ar el Baroud, le plus important de tous, elle s'est décidée franchement à établir un port à ses frais. Les actionnaires de la compagnie ont voté le capital nécessaire, et la demande d'établissement de ce port est actuellement soumise à l'administration. Cette détermination est excellente à mon avis, et de nature à assurer un long avenir à l'exploitation des gîtes des Ouelhassa. Non-seulement ce port rendra possible une grande et importante exploitation à Beni Saf, et sera ainsi de première utilité pour ceux qui l'établiront, mais il sera aussi, je crois, indirectement fort utile même aux exploitations voisines qui ne l'emploieront pas, en créant sur la côte à leur proximité immédiate un point de complète sécu-

rité, et améliorant ainsi beaucoup les conditions du fret.

Il rendra, de plus, possible l'exploitation de tout gîte pouvant seulement payer une voie de communication y aboutissant. Enfin l'établissement de ce port et des voies de communication convenables se trouvant payé par l'exploitation des gîtes à ciel ouvert, les gîtes concessibles à exploitation souterraine plus coûteuse auxquels les premiers peuvent conduire, trouveront un milieu économique déjà créé, et deviendront exploitables à leur tour avec profit.

On projette d'établir ce port à Mersa Ahmed. Cette position est à la fois centrale et assez voisine, par rapport à la majeure partie des gîtes, et desservira surtout très-bien les plus importants. Elle est d'ailleurs forcée, car la région de ces gîtes est dominée de tous côtés par des collines plus élevées qui l'isolent des bassins voisins, et surtout de celui de la Tafna, encore plus économiquement que topographiquement. Ce sont là des conditions naturelles auxquelles il faut absolument se soumettre.

Pour les détails particuliers qui peuvent être actuellement donnés sur chaque gîte considéré d'une façon individuelle, je suivrai l'ordre des numéros de la carte, mais en groupant ensemble les gîtes appartenant à un même propriétaire. Les gîtes ainsi groupés ensemble se trouvent dans des conditions économiques sensiblement identiques.

Sidi Safi. — Ce groupe est formé par les gîtes nos 1 et 2, situés l'un et l'autre à l'altitude d'environ 260 mètres et assez éloignés de la mer. Si, en effet, on voulait les rejoindre à Teni Krent, il faudrait environ 7 kilomètres de voie de communication, et il y aurait passablement de difficultés pour déboucher sur la côte. Une voie de 9 kilomètres les rejoindrait à Mersa Ahmed, et serait d'une exécution plus facile. Peu ou point exploitables par eux-mêmes, ils deviendraient, je crois, facilement utilisables par cette dernière voie.

Le n° 1 est sur le versant gauche du ravin qui porte le nom de Chabat-Ektombali. Il n'a encore été l'objet d'aucune espèce de travail, et n'est connu que par son affleurement, lequel figure sensiblement un rectangle de 150 mètres de long sur 50 à 60 mètres de large. Le minerai de cet affleurement semble riche partout, autant que la broussaille permet d'en juger.

Le n° 2 offre aussi un affleurement rectangulaire de 150 mètres dans un sens et 100 mètres dans l'autre; les teneurs y semblent plus variables. Une portion du gîte a été exploitée anciennement par les habitants du pays, lesquels y ont creusé trois grottes attenantes les unes aux autres dont la plus grande a 15 mètres de long sur 10 mètres de large et 10 mètres de haut. Le minerai de ces grottes a une teneur de 60 p. 100 environ. Il a été traité sur les lieux sans doute par le procédé encore actuellement usité au Maroc, procédé qui n'est autre que la méthode catalane simplifiée, et l'on trouve encore sur place plusieurs tas d'anciennes scories résultant de ce traitement. Ce gîte présente une particularité toute spéciale; à son extrémité ouest le minerai contient quelques petites géodes de cuivre carbonaté éparses dans sa masse et est souillé de sulfate de baryte. Le cuivre carbonaté et la baryte se trouvent aussi en petite quantité dans le terrain encaissant, et pourraient bien être en relation avec l'îlot très-petit de terrain éruptif qui se montre dans le voisinage. Cette circonstance a motivé il y a quelques années des recherches pour cuivre, qui n'ont donné aucun résultat favorable et dont les travaux sont éboulés.

Indépendamment de ces travaux il a été fait trois ou quatre tranchées superficielles sur divers points de l'affleurement, à l'appui d'une demande en concession de fer introduite peu de mois avant la promulgation de la loi de 1866, et devenue inutile par suite de cette promulgation. Ces divers travaux rendent probable l'existence dans ce

gîte de 150 à 200.000 tonnes de bon minerai, et il est fort possible qu'il y en ait beaucoup plus; mais il faudrait encore quelques sondages méthodiques pour en être sûr.

Quoi qu'il en soit, il paraît probable qu'il y a assez de minerai dans le groupe de Sidi Safi pour qu'il puisse se rattacher avantageusement à une exploitation du bord de la mer d'ailleurs bien outillée.

Djebel Haouaria. — Le groupe du Haouaria comprend les nos 3, 4, 5, 6, 7 et 8.

Tous ces gîtes sont très-proches de la mer; mais la côte n'est guère accostable dans le voisinage immédiat de cette montagne, et les exploitants préfèrent transporter leurs produits à 3 ou 4 kilomètres plus à l'est, à la pointe de Camerata. Dans ce but une voie ferrée de 4.600 mètres de long, partant du gîte n° 4 à l'altitude de 198 mètres, va aboutir à la pointe, où, pour faciliter les embarquements, on construit une estacade qui doit s'avancer assez loin dans la mer. Cette voie a des pentes un peu fortes, qui rendent la montée de wagons vides un peu délicate; mais c'est là un inconvénient auquel il sera facile de remédier au besoin. Quant aux conditions d'embarquement, on ne peut guère prévoir actuellement jusqu'à quel point elles seront facilitées; c'est là un point qui sera jugé par l'expérience.

Les gîtes nos 3, 5, 7 et 8 pourront facilement se rattacher à la voie qui part du gîte n° 4. Mais le n° 6 est un peu trop bas.

Le gîte n° 3 est situé sur le petit sommet de Haouaria Serir. L'affleurement n'est pas très-étendu, et semble médiocrement riche; il n'a été jusqu'à présent l'objet d'aucun travail.

Le gîte n° 4 est situé au pied nord-est du Djebel Haouaria; c'est sur lui que porte toute l'exploitation du groupe. On y a ouvert une carrière étagée sur une longueur de 160 mètres et une largeur de 7 à 8 mètres en moyenne; la

plus grande hauteur est de 27 mètres. Cette carrière fournit de beau minerai riche, dont le prolongement en profondeur reste inconnu faute de recherches. L'affleurement n'est point attaqué sur sa totalité, mais seulement sur sa moitié environ.

On a retiré jusqu'à présent de la carrière environ 20.000 tonnes; le minerai contient quelques boules de calcaire non attaqué, et semble sensiblement plus pur au pied. Quelques recherches en profondeur offriraient beaucoup d'intérêt.

Le gîte n° 5 est situé au sommet du Djebel Haouaria et s'étend sur son flanc sud. L'affleurement n'est pas continu; il se compose de six parties éparpillées sur un espace de 350 mètres de long et 100 mètres de large, séparées entre elles par du calcaire non minéralisé, et occupant ensemble une surface d'environ un demi-hectare. On n'a fait sur ce gîte que quelques sondages peu profonds de 2 à 5 mètres, arrêtés au calcaire, et permettant de jauger à peu près 20.000 tonnes. Mais dans un de ces sondages un percement ultérieur a traversé le calcaire sur une longueur de 1 mètre, et retrouvé le minerai dessous. Le gîte n'est donc réellement pas connu en profondeur, et il sera bon de reprendre les recherches, d'autant plus que le minerai paraît fort riche.

Le gîte n° 6 est situé en ceinture sur le flanc nord du Djebel Haouaria; il est moins riche que les précédents, sa teneur ne paraissant pas dépasser 44 p. 100. Il a 150 à 200 mètres de long sur 20 à 25 mètres de large. Son exploitation ne paraît guère possible dans les conditions actuelles.

Le gîte n° 7 est situé au pied ouest du Djebel Haouaria. L'affleurement n'est pas continu, et se compose de cinq parties éparpillées dans un espace de 350 mètres de long sur 40 mètres de large, et d'une superficie totale d'environ 2.000 mètres carrés. La partie la plus orientale contient

du fer oxydulé en quantité notable, et agit assez fortement sur les boussoles pour gêner beaucoup un lever dans tout le voisinage. On va y commencer des recherches.

Le gîte n° 8 est un affleurement de 2 à 300 mètres carrés seulement, dont la teneur semble être faible ; mais cet affleurement s'enfonce de suite sous le terrain tertiaire, et pourrait motiver quelques recherches en profondeur. Personne n'y a touché jusqu'à ce jour.

Teni Krent. — Le groupe de Teni Krent comprend les gîtes n°s 9 et 10, tous deux très rapprochés de la mer; une route de 1.200 mètres, terminée par un couloir, part du gîte n° 10 pour aboutir à la côte, et les produits du gîte n° 9 arrivent à peu près au milieu de cette route par le moyen d'un câble aérien. L'embarquement est plus commode à Teni Krent qu'en tout autre point de la côte, à cause d'un petit îlot qui se trouve à quelque distance en mer. Les conditions économiques sont donc assez bonnes, et l'on a pu en effet y exploiter jusqu'aujourd'hui 25.000 tonnes assez commodément. Malheureusement il n'y a point de travaux de recherches, de sorte qu'on n'a aucune idée positive sur les ressources réellement disponibles.

Le gîte n° 9 comprend deux affleurements très-voisins l'un de l'autre et presque linéaires, situés dans un mince îlot de calcaire liasique noyé de toutes parts dans l'helvétien.

L'affleurement occidental est fort peu de chose et deux tranchées que l'on y a faites n'ont montré que du calcaire rougi. L'affleurement oriental a été tâté sur toute sa longueur par une tranchée de 20 mètres de long et 8 mètres de haut. Il n'y a de minerai qu'au pied de cette tranchée, et la teneur en semble faible. En somme, ce gîte semble peu important; toutefois, il faudrait quelques recherches bien dirigées pour asseoir un jugement définitif, car il se peut très-bien que le minerai s'améliore en profondeur.

Le gîte n° 10 avait un affleurement de 35 mètres de longueur sur 20 mètres de large, partagé en deux par une bande pauvre large de 5 mètres. On y a ouvert sur toute la partie riche deux tranchées étagées de 28 mètres de hauteur totale. Au front de taille actuel le minerai ne se montre suffisamment riche que vers le milieu des attaques ; là, sa teneur est de 50 à 52 p. 100 de fer, et de 1,25 p. 100 en manganèse. Aucun travail de recherche n'accompagnait l'exploitation, on ne sait pas si ce gîte s'étend sous le terrain tertiaire, ni ce qu'il peut devenir en profondeur. C'est ce gîte qui a fourni la plus grande partie de la production du groupe.

Beni Saf. — Ce groupe comprend les gîtes numérotés de 11 à 18 inclusivement. C'est pour lui qu'est projeté le port dont il a été question ci-dessus. En attendant qu'il soit exécuté, on embarque comme on peut les minerais fournis par l'exploitation du gîte n° 11. Mais les travaux d'exploitation sont assez peu développés, et l'on s'est livré surtout à de nombreux travaux de recherches. Les distances à la mer sont médiocres ; tous les transports se feront par voies ferrées et plans inclinés, et quand toutes les voies de communication projetées seront terminées et le port exécuté, on se trouvera dans des conditions économiques très-favorables. En attendant il n'en a pas moins été déjà retiré du groupe environ 50.000 tonnes de beau minerai, qui a trouvé faveur dans les usines qui l'ont employé.

Le gîte n° 11 comprend deux affleurements voisins séparés par le Chabat el Lindj, celui de Dar Rih au nord, et celui d'El Hamra au sud de ce ravin.

A Dar Rih les travaux ont mis à nu deux gîtes réellement distincts. L'affleurement initial était très-petit ; on a découvert d'abord une espèce de dyke de la largeur de 10 à 12 mètres, courant à peu près N. 25° E., presque vertical, et noyé de toutes parts dans le terrain helvétien, sauf sur

la très-faible étendue où il affleurait. Il a été reconnu sur une hauteur de 40 mètres et sur 200 mètres de long, et l'on continue des recherches en profondeur. A mon avis, c'est un promontoire de l'îlot de calcaires liasiques qu'il termine, promontoire qui a été battu et corrodé par les vagues de la mer helvétienne, ainsi que l'attestent les petites grottes pleines de sable, que les travaux y ont rencontrées sur plusieurs points. A l'ouest de ce gîte, et dans la partie voisine du Chabat el Lindj, le travail a mis à nu un gîte remanié faisant partie de l'helvétien, gîte qui a été reconnu sur 20 mètres de haut, 60 mètres de long et 8 à 10 mètres de large, et sur lequel on continue des recherches en profondeur. Ce gîte est certainement formé par une partie des débris du promontoire jurassique, et il me semble presque sûr qu'il doit en exister de semblables plus au nord et aussi dans la partie est du promontoire. Quoi qu'il en soit, il est déjà à peu près certain qu'une bonne partie du gîte de Dar Rih ne pourra s'exploiter à ciel ouvert, et qu'il y aura lieu par conséquent de le concéder. C'est au bas des travaux de ce gîte qu'il est le plus commode d'observer les schistes remaniés entrés dans l'helvétien à l'état de lentilles plus ou moins vastes, dont il a été question dans la première partie de la présente note.

A El Hamra le calcaire liasique, tout en étant plus ou moins ferrifère, n'a guère encore laissé voir que du minerai pauvre. Mais on travaille dans deux gîtes remaniés, faisant partie de l'helvétien, appuyés sur l'îlot jurassique et séparés par une petite pointe de cet îlot. Le plus septentrional est reconnu sur 70 mètres de long, 20 mètres de haut et 10 à 12 mètres de large; le plus méridional sur 60 mètres de long, 15 mètres de haut et 15 mètres de large à peu près; il y aura lieu pour l'un et pour l'autre de pousser des reconnaissances en profondeur. La petite pointe qui les sépare ne contient que du minerai pauvre. Mais il me semble très-probable qu'ils doivent conduire à un gîte

riche en place dans le lias, gîte qui ne fournirait que des affleurements médiocres et aux dépens duquel ils se seraient formés. Ce serait le prolongement de l'espèce de dyke de Dar Rih. Si les recherches prouvent le bien fondé de cette opinion, on aura là aussi une exploitation souterraine qui profitera des installations faites pour la minière.

Les minerais produits prennent une voie ferrée qui, après un parcours de 1.950 mètres, les amène au haut d'un plan incliné par lequel ils descendent à Mersa Ahmed. De là un bout de voie ferrée les conduit au point d'embarquement.

Le gîte n° 12 est un tout petit affleurement situé sur le bord de la mer et à environ 10 mètres au-dessus de son niveau. Il est formé par du minerai remanié dans la mer helvétienne. Cet affleurement est fort peu de chose par lui-même; il n'a d'intérêt que comme indice pouvant conduire à quelque gîte souterrain en place. Il n'y a été fait aucun travail.

Le gîte n° 13 est un affleurement peu étendu dans un petit îlot liasique; il a été tâté par quelques coups de mine qui n'ont donné que du minerai peu riche. Mais il se pourrait bien que cet affleurement ne fût qu'un point visible de l'îlot supportant le gîte n° 12. Aussi me semble-t-il qu'il y aurait quelque intérêt à faire des recherches dans ce sens, surtout si l'on considère combien ces deux points sont près du bord de la mer.

Le gîte n° 14 porte le nom de Zenzela; il est séparé en deux parties par l'Oued Ahmed, composées l'une et l'autre de minerai remanié par la mer helvétienne. On y a fait quelques excavations qui ont fourni environ 3.000 tonnes de minerai, mais aucune recherche suivie; de telles recherches y seraient pourtant, à mon avis, encore plus intéressantes qu'au gîte n° 12.

Le gîte n° 15 est dans le même îlot de lias que Dar Rih, mais à son extrémité méridionale sur le versant de l'Oued Ahmed, et le long d'un ravin qui porte le nom de Chabat R'ar el Abad.

Ce sont des affleurements un peu vagues répartis çà et là sur une longueur de 700 mètres et sur lesquels on a pratiqué six tranchées superficielles; deux seulement de ces tranchées ont trouvé du minerai riche, les autres n'ont rencontré que du minerai de faible teneur. Ces travaux n'ont pas été poussés plus loin, mais seront sans doute repris plus tard.

Le gîte n° 16 est situé sur le bord de l'Oued Safsaf dans un petit îlot de lias isolé. C'est un affleurement d'étendue médiocre, qui ne semble pas très-important pour le moment. On y a pourtant pratiqué quatre tranchées superficielles qui ont donné d'assez beau minerai. Mais le travail n'a pas été poussé plus loin. Ici, comme sur les autres gîtes secondaires du groupe de Beni Saf, on a préféré ajourner les recherches pour concentrer les travaux sur les deux gîtes principaux, savoir le n° 11 (Dar Rih), et le n° 18 (R'ar el Baroud).

Le gîte n° 17 porte le nom de Brika inférieur. C'est un affleurement situé à la tête méridionale d'un îlot de calcaire qui forme, sur environ 500 mètres de long, les deux rives de l'Oued Bou Kourdan à partir de son confluent avec l'Oued Brika. Par parenthèse, cet îlot est parfaitement situé pour fournir une grande carrière d'excellents matériaux à la construction du port futur. L'affleurement a environ 50 mètres de long. On n'y a fait qu'un grattage superficiel au moyen de trois petites tranchées qui ont donné d'assez beau minerai. La situation respective du gîte n° 14 et de l'îlot portant le n° 17, rend très-probable que c'est le prolongement souterrain de cet îlot qui sert d'appui au gîte n° 14. Dès lors il est très-possible qu'il y ait là un gîte souterrain de quelque importance méritant d'autant plus d'être recherché qu'il serait très-voisin de la mer. Cette probabilité donnerait beaucoup d'intérêt à des recherches poursuivies tant dans le n° 14 que dans le n° 17; la distance rectiligne de ces deux gîtes est d'environ 750 mètres.

On peut penser, il est vrai, que des gîtes souterrains remaniés présenteraient peut-être des difficultés d'exploitation particulières; mais ces difficultés peuvent n'être point insurmontables, et l'on peut être conduit à des gîtes en place plus facile à travailler.

Le gîte n° 18 porte le nom de R'ar el Baroud (grotte de la Poudre). C'est de beaucoup le plus important de tous ceux des Ouelhassa, car il suffit à lui seul pour motiver les travaux d'installation dont l'existence rendra fructueuse l'exploitation des autres gîtes.

L'affleurement occupe une surface de 6 hectares et demi environ, et court de l'Oued Bou Kourdan à l'Oued Brika dans une direction à peu près est-ouest; il est on ne peut mieux disposé pour une grande et commode exploitation à ciel ouvert. Il n'appartient pas en entier à un gîte en place dans le lias, mais il se compose d'un gîte de cette espèce formant le noyau principal, et de deux gîtes remaniés s'appuyant sur ce noyau à l'est et à l'ouest, et beaucoup moins grands que le gîte principal. Comme l'îlot secondaire est en contact avec l'helvétien par tout son côté nord, il me paraît probable qu'on trouvera de ce côté une ceinture de ces gîtes d'appui dans l'intérieur du terrain tertiaire.

On n'a fait encore aucun travail d'exploitation à R'ar el Baroud, où il existait seulement deux petites grottes provenant sans doute d'excavations anciennes. Mais on y a pratiqué cinq galeries et trente-six puits dans le but de déterminer positivement l'existence de quantités de minerai exploitable à ciel ouvert suffisantes pour motiver les travaux d'installation projetés, résultat qui a été atteint. Ce minerai a été trouvé partout très-beau et très-pur, sauf à un point unique où l'on a trouvé quelques boules de sulfate de baryte paraissant en rapport avec l'existence d'une faille.

L'affleurement se trouve compris entre les altitudes de 142 et 223 mètres. Pour le transport à Mersa Ahmed, ou

projette une voie ferrée qui sera organisée de la façon suivante : deux tronçons partant à l'altitude de 175 mètres, l'un de l'est et l'autre de l'ouest de l'affleurement, aboutiront chacun à un plan incliné de 600 mètres. Du bas de ces deux plans partira une voie aboutissant à un autre plan incliné descendant à Mersa Ahmed et de 200 mètres de long. Un bout de voie horizontale amènera de là le minerai sur les quais. L'ensemble de ces voies aura une longueur de 3.200 mètres.

Nedjaria. — Ce groupe comprend les gîtes n°s 19 et 20, situés tous dans le même bassin que les précédents, mais un peu plus loin de la mer, le premier à environ 400 mètres au nord du sommet du Djebel Nedjaria, le deuxième à 700 mètres environ ouest 1/4 sud du même point.

Le gîte n° 19 est un affleurement d'étendue médiocre, difficile d'ailleurs à apprécier à cause de la broussaille, et dont le minerai ne paraît pas très-riche à la surface. On n'y a fait encore aucun travail.

Le gîte n° 20 montre un assez bel affleurement de 50 mètres de long sur 15 mètres de large en minerai paraissant riche. On y a fait au point le plus haut un puits de 5 mètres seulement, de sorte qu'on ne connaît pas la profondeur réelle du minerai en ce point. Au bas de l'affleurement on a fait une petite tranchée au fond de laquelle se montrent les schistes anciens, et dont le dessus est du minerai assez pauvre. Au total, ce gisement, d'ailleurs imparfaitement reconnu, paraît ne pas être fort considérable ; mais il y aura lieu de faire quelques recherches supplémentaires pour s'en assurer.

Gadet el Remla. — Le gîte n° 21 est situé sur la colline de Gadet el Remla. L'affleurement semble assez grand, autant que la broussaille permet d'en juger. On n'y a jamais fait aucun travail et la propriété en est restée entre

les mains des indigènes ; il est assez loin de la mer, et l'accès par l'Oued Ancer serait difficile. Il n'est pas possible de juger en ce moment s'il sera ou ne sera pas exploitable ultérieurement.

Bou Kourdan. — Ce groupe comprend les gîtes nos 22, 23 et 24 ; ils sont à la même distance de la mer que R'ar el Baroud, et les produits qu'ils pourront fournir s'expédieront nécessairement par Mersa Ahmed. Leur propriétaire avait commencé quelques travaux que sa mort a interrompus, et que ses héritiers n'ont point encore repris.

Le gîte n° 22 est situé en face de R'ar el Baroud, et semble en être un prolongement. Mais on ne voit qu'un affleurement linéaire, à cause de la présence d'un terrain d'éboulis tertiaire qui masque les terrains sous-jacents. Cet affleurement a été tâté par une tranchée de 20 mètres de long et 3 mètres de haut, où l'on voit du minerai riche. Mais il n'y a pas d'autre travail.

Les gîtes nos 23 et 24 sont des affleurements d'une centaine de mètres carrés, où l'on n'a fait que de toutes petites tranchées superficielles. Ces affleurements émergent au milieu d'éboulis tertiaires. Comme tous les gîtes de ce groupe se trouvent à peu près sur le prolongement de la direction de R'ar el Baroud, ils semblent mériter d'être l'objet de recherches suivies.

Skouna. — Ce groupe comprend les gîtes nos 25, 26 et 27, dont les deux derniers s'éloignent beaucoup de la mer.

Le gîte n° 25 est sur la rive gauche de l'Oued Bou Kourdan, un peu plus amont que R'ar el Baroud. C'est un affleurement assez long, parallèle au ravin, dont l'importance n'est guère appréciable à cause des éboulis tertiaires qui le masquent en grande partie. Il n'a été l'objet d'aucun travail, et il serait difficile même de décider si c'est un gîte en place ou un gîte remanié.

Le gîte n° 26 est sur le flanc nord du Skouna à environ 400 mètres du sommet. C'est un affleurement à peu près circulaire occupant environ une centaine de mètres carrés, et dont le minerai semble riche. Il n'y a été fait aucun travail.

Le gîte n° 27 est sur le flanc sud du Skouna à environ 400 mètres du sommet. C est un petit affleurement de minerai pauvre. On y a fait deux petites tranchés superficielles, qui n'ont fourni que des produits à faible teneur. Son importance paraît donc nulle.

Rouissat.—Ce dernier groupe comprend les gîtes nos 28, 29, 30 et 31. Il est autrement situé que les autres groupes, et ses minerais ne pourraient guère aller à la mer que par la vallée de la Tafna.

Le gîte n° 28 se trouve à 400 mètres nord environ du sommet du Djebel Aoudh Arif. C'est un affleurement circulaire de minerai paraissant riche, occupant une surface de 3 à 400 mètres carrés. Il n'y a été fait aucun travail.

Le gîte n° 29 est à 250 mètres sud-ouest du sommet du Djebel Aoudh Arif. C'est un affleurement de minerai paraissant riche, dont la longueur est de 70 mètres et la largeur de 10 mètres environ. Il n'y a été fait aucun travail.

Le gîte n° 30 est situé dans le ravin de l'Oued Hallouf; il y avait là un affleurement très-étendu superficiellement, mais pauvre et très-mêlé de calcaire non minéralisé. On y a fait beaucoup d'attaques, notamment deux galeries de 40 mètres et une descenderie de 50 mètres. On n'a trouvé que du minerai pauvre, et encore en faible quantité, le calcaire non attaqué dominant partout. Ces travaux ont démontré surabondamment que la valeur industrielle de ce gîte est complétement nulle.

Le gîte n° 31 est au bout du plateau de Rouissat. C'est un affleurement diffus formé par des veinules d'hématite courant dans le calcaire et dispersées sur une bande de

100 mètres de long et 5 à 6 mètres de large. On a fait à sa tête un puits de 33 mètres de profondeur, qui n'a rencontré que du stérile. C'est évidemment un gîte de nulle valeur.

En résumé, il résulte de ce qui précède que quelques gîtes sont reconnus pour être importants à divers degrés, d'autres pour être de valeur nulle, et que le plus grand nombre est encore inexploré ou très-peu exploré. On ne saurait donc se faire aucune idée positive des quantités de minerai exploitable qui existent réellement dans la région des Ouelhassa. On sait seulement que certains gîtes motivent de très-grands travaux d'installation, et que l'exécution de ces travaux créera un milieu économique très-favorable pour la plus grande partie de la contrée. Ce résultat est déjà assez beau pour qu'on s'en contente provisoirement.

Il faut remarquer seulement qu'à côté du minerai riche exploitable, il existe des quantités peut-être plus grandes de minerai de teneur faible, ne pouvant supporter un long transport, mais qui serait très-propre à alimenter des usines locales; ces quantités sont actuellement sans utilisation possible, et cette situation, loin d'être particulière aux Ouelhassa, se trouve sur plusieurs autres points de l'Algérie. Il est possible que dans l'avenir on songe à tirer parti sur place de ces richesses actuellement perdues. C'est là, il est vrai, une question qui n'est nullement mûre, et qui comporte bien des difficultés de toute espèce.

Il me semble pourtant qu'elle est très-digne d'être étudiée, et l'on peut affirmer que celui qui parviendrait à la résoudre pratiquement rendrait un éminent service à la colonie et par suite à la France.

Alger, le 15 novembre 1875.

NOTE
SUR
LA DÉCOUVERTE DE L'ÉTAIN OXYDÉ EN TOSCANE

Par M. E. CHARLON, ingénieur civil des mines.

La cassitérite vient d'être trouvée en Toscane, à trois kilomètres environ, au sud-ouest de la ville de Campiglia Marittima, au lieu dit les Cento Camerelle, sur le versant occidental du Fumacchio; cette colline est un des derniers contre-forts vers l'ouest du Monte Calvi, bien connu des géologues par les nombreux gîtes métallifères qu'il renferme.

Le nom de Fumacchio (Camouflet) vient des vapeurs que l'on voit s'échapper à travers les fissures du calcaire dont la colline est formée et qui proviennent, sans doute, du passage souterrain d'une source thermale, acidulo-ferrugineuse, qui se fait jour au pied de la montagne, à quelques centaines de mètres plus au sud, aux bains de Caldana.

Quant aux Cento Camerelle, c'était une série d'excavations creusées à peu près horizontalement dans le flanc de la montagne et se recoupant à l'intérieur dans toutes les directions. Une couche de calcaire concrétionné, déposée par les eaux d'infiltration, recouvrait entièrement les parois de ces galeries, et son épaisseur, de plus d'un décimètre, y attestait l'abandon des travaux depuis un temps fort reculé. Une lampe étrusque, trouvée dans les déblais de la mine voisine de Monte Valerio (*), a permis d'ailleurs de rapporter à une époque, probablement bien antérieure à la fondation de Rome, la date des excavations antiques, en forme de puits inclinés (Bucche, dans le langage du pays),

(*) Simonin. *Le Monde souterrain.*

que l'on rencontre à chaque pas dans le sol du Campiglièse, et que la tradition attribuait déjà aux anciens habitants de l'Étrurie.

Chargé de la direction des mines que possède, en Italie, M. Chabrier, je repris en 1872 les travaux de la mine de fer de Monte Valerio, et entrepris en même temps, aux Cento Camerelle, quelques recherches afin de reconnaître la nature du minerai que les anciens y avaient exploité. Ayant trouvé qu'il s'agissait d'un gîte assez important d'hématite brune de bonne qualité, j'y commençai une exploitation régulière. A la suite d'un arrangement entre nous et MM. Flottway frères, de Londres, l'exploitation de ces mines, a, depuis 1874, été poursuivie par ces derniers, dont l'ingénieur, en Italie, est M. Frédéric Blanchard.

Ces travaux ont à peu près complétement fait disparaître les anciennes galeries.

C'est en effectuant des recherches sur les affleurements d'un petit filon d'hématite, à quelques mètres des Cento Camerelle proprement dites, que l'on vient, non sans étonnement, d'y découvrir la cassitérite.

Les travaux à peine commencés ne permettent pas encore de préciser l'allure de ce gisement, ni de préjuger sa valeur industrielle. Cependant cette découverte n'en est pas moins digne d'attirer dès à présent l'attention des mineurs; car l'étain, sauf quelques rares échantillons signalés à l'île d'Elbe, à titre de curiosités minéralogiques, n'avait jamais été trouvé jusqu'ici en Italie, et c'est la première fois, croyons-nous, que l'on rencontre la cassitérite, sans relations avec les roches granitiques, et dans un *terrain secondaire*. Le calcaire qui constitue la montagne appartient en effet au lias, d'après tous les géologues qui ont étudié la Toscane.

Le filon paraît avoir une direction à peu près est-ouest et être presque vertical. L'étain oxydé s'y présente sous la forme d'une veine, d'environ $0^m,20$ d'épaisseur, formant,

sur l'un des côtés du filon, salbande entre la limonite et le calcaire encaissant.

Le minerai est compacte, de couleur gris jaunâtre, à poussière blanc grisâtre, à cassure granuleuse, et il est souvent tout parsemé d'une multitude de petits cristaux de carbonate de chaux.

La limite entre la cassitérite et le minerai de fer n'est nullement tranchée ; il y a passage insensible de l'une à l'autre, et l'on dirait que le remplissage a eu lieu par un mélange intime des deux minerais, la majeure partie de l'étain s'étant simplement concentrée sur le mur du filon.

M. Blanchard a bien voulu me communiquer les analyses de deux échantillons envoyés en Angleterre ; voici les résultats :

	N° 1.	N° 2.
Bioxyde d'étain	92,40	75,18
Peroxyde de fer	3,49	4,00
Carbonate de chaux	3,34	19,64
Plomb et bismuth	»	traces.
Indéterminé	0,77	1,18
	100,00	100,00
Étain métallique	72,40	58,90

D'autre part, M. le professeur Emilio Bechi, de Florence, qui a eu l'obligeance d'en faire l'analyse sur ma demande, a trouvé pour la composition de la cassitérite, séparée de la gangue :

Oxyde d'étain ($\ddot{Sn}$)	89,94
Oxyde de fer ($\dddot{Fe}$)	9,13
Oxyde de manganèse ($\dddot{Mn}$)	0,93
	100,00

Poids spécifique = 6,866

Au point de vue historique, la découverte de l'étain dans le Campiglièse, au milieu d'un si grand nombre de gisements divers, qui présentent tous des traces évidentes de

leur exploitation pendant l'antiquité, nous paraît apporter un nouvel et important élément à la question de la fabrication du bronze chez les Étrusques. N'est-elle point, en effet, une éclatante confirmation de l'hypothèse, d'après laquelle ces ancêtres de la métallurgie auraient fabriqué ce qu'on peut appeler le bronze naturel, l'*æs* des Latins, par la fusion directe d'un mélange convenable de minerais? Hypothèse émise dès 1858, par M. Simonin (*), et qui lui avait été suggérée par l'examen des scories antiques que l'on trouve en abondance, non loin de là, près de la mine de cuivre du Temperino, cette mine que M. Burat, dans ses études sur les gîtes métallifères, cite justement comme un des exemples les plus remarquables de la puissance qu'avait atteinte l'industrie métallurgique chez les anciens peuples de l'Italie.

20 février 1876.

(*) Mémoire sur l'état de la métallurgie dans l'antiquité. *Annales des mines*, 1858.

ASSOCIATION

DU

PLATINE NATIF A DES ROCHES A BASE DE PÉRIDOT; IMITATION ARTIFICIELLE DU PLATINE NATIF, MAGNÉTI-POLAIRE.

Par M. DAUBRÉE, Membre de l'Institut, Inspecteur général des mines.

Les observations et les expériences qui forment l'objet de ce travail n'intéressent pas seulement l'histoire géologique et minéralogique du platine; elles méritent aussi l'attention par la lumière qu'elles paraissent jeter sur la construction des régions profondes du globe où gisait probablement la roche mère du platine, avant d'arriver à la surface. Les expériences font d'ailleurs connaître dans les phénomènes magnétiques un fait nouveau qui mérite sans doute d'être poursuivi; c'est ce qui motive les détails dans lesquels on a cru devoir entrer sur ce sujet (*).

Nous examinerons successivement les questions suivantes:

1° Association dans l'Oural du platine natif et de l'osmiure d'iridium à des roches à base de péridot;

2° Association analogue du platine à la Nouvelle-Zélande et à Bornéo;

3° Expériences sur l'imitation artificielle du platine magnéti-polaire;

4° Autres expériences tendant à rendre compte de la relation du platine avec le fer chromé qui l'enveloppe;

5° Traits multiples de ressemblance entre la roche mère du platine et certaines roches météoritiques.

(*) Une partie de ces résultats a déjà été exposée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXX, p. 526 et 707.

1° Association dans l'Oural du platine natif et de l'osmiure d'iridium à des roches à base de péridot.

Le platine abondamment répandu, à l'état de pépites ou de grains isolés, dans les terrains de transport de certaines régions de l'Oural, n'a pas encore été rencontré en place, c'est-à-dire dans les roches qui le contenaient originairement. Il a été détaché de cette matrice par les triturations et les charriages auxquels sont dus les depôts de gravier et de sable, où on l'exploite aujourd'hui.

Toutefois les recherches qui ont été faites sur ce sujet par plusieurs géologues, particulièrement par Gustave Rose et M. Le Play (*), ont rendu très-probable que c'est dans la serpentine que ce métal était d'abord disséminé, au moins dans la contrée de Nischne-Tagilsk. Le grand nombre de galets de serpentine accompagnant le platine ont conduit à cette conclusion, que confirme aussi l'abondance du fer chromé, minéral du domaine de la serpentine. D'ailleurs le platine est lui-même souvent engagé dans le fer chromé, et enfin il n'est pas sans exemple que l'on ait trouvé des grains de ce métal encore engagés dans la serpentine.

M. Jaunez-Sponville, ingénieur des mines et usines du prince Demidoff, a bien voulu, à ma prière, faire soigneusement rechercher dans les exploitations qu'il dirige aux environs de Nischne-Tagilsk, des échantillons contenant le platine encore fixé dans sa gangue, et m'en a remis récemment quelques-uns qui sont instructifs pour cette question. D'ailleurs j'en avais antérieurement reçu de M. l'académicien d'Eichwald d'autres représentant des

(*) Gustave Rose : *Reise nach Ural*, t. II, p. 456 et 542 ; 1842. Le Play : *Comptes rendus*, t. XIX, p. 853 ; 1844. Quant au platine des environs de Kuschwinsk (district de Goro-Blagodat), G. Rose suppose qu'il provient du porphyre dioritique.

roches dans lesquelles le platine n'est pas disséminé, mais qui sont particulièrement caractéristiques pour les brèches et conglomérats où l'on exploite ce métal, dans la même contrée de Nischne-Tagilsk. Le ciment de ces brèches est souvent du carbonate de chaux magnésien ; parmi de nombreux cristaux octaédriques et grains de fer chromé, on distingue des grains de platine logés entre les fragments pierreux.

Roche de pyroxène sahlite, avec péridot, serpentine et fer chromé, intimement associée au platine. — Un gros galet, d'un vert foncé et du poids de près de 2 kilogrammes, porte, en quelques points de sa surface, des indices de platine, qui est reconnaissable à sa couleur, à son éclat, ainsi qu'à son inaltérabilité par l'acide nitrique. Mais un examen plus attentif a fait constater que ce platine, au lieu d'appartenir à des veines traversant l'échantillon, représente seulement un enduit superficiel du métal ; c'est, comme on l'avait supposé d'abord, une simple trace qui a peut-être été produite par le frottement énergique des pépites, comme celle que laisse un crayon sur une feuille de papier. En effet, cet enduit métallique disparaît complétement, et au bout de quelques instants, sous l'action de l'eau régale.

D'ailleurs la présence du platine a été recherchée dans ce caillou, au bureau d'essais de l'École des mines, d'abord par voie sèche, puis par voie humide, et les deux résultats ont été négatifs.

Toutefois, comme la roche présentait de l'intérêt à cause de son association au platine, on en a fait l'analyse quantitative qui a donné les résultats suivants :

Silice.	47,60
Chaux.	11,30
Magnésie.	26,00
Protoxyde de fer dosé à l'état de protoxyde.	7,60
Alumine.	3,00
Perte par calcination.	4,30
	99,80

Coupée en tranches minces et examinée au microscope, la roche dont il s'agit se montre composée en grand partie d'une masse très-clivable, chatoyante, dans laquelle les caractères optiques ont fait reconnaître par M. Des Cloizeaux le pyroxène sahlite (*). Un autre minéral en grains transparents, moins clivable, à surface rugueuse, consiste en péridot; des veinules de serpentine traversent le tout. Enfin quelques petits grains noirs de fer chromé y sont disséminés. Ces caractères physiques correspondent bien à la composition élémentaire qui vient d'être signalée.

La brèche platinifère renferme aussi des fragments d'un vert d'herbe, d'une roche analogue à ce gros galet, mais encore mieux caractérisée. On y distingue nettement le pyroxène sahlite, reconnaissable à ses propriétés optiques (rouge extérieur, bleu intérieur, pour la bissectrice négative), avec de nombreuses inclusions rectilignes, très-allongées et orientées parallèlement à trois directions, qui correspondent aux clivages de la substance. Des grains de péridot sont disséminés au milieu de ce pyroxène, et le tout est traversé par des veinules de serpentine.

Roche de péridot et de serpentine avec fer chromé, dans laquelle le platine est encore fixé. — Dans un fragment de roche où le platine se montre évidemment fixé, ce métal est en petits cristaux mal formés et associé à des grains de fer chromé parfois cristallisés. La gangue pierreuse qui renferme les uns et les autres, a les caractères d'une serpen-

(*) *Comptes rendus*, t. LXXX, p. 785. 1875.

tine; mais si l'on en examine au microscope les tranches minces, on reconnaît, au milieu de la serpentine proprement dite, de nombreux grains transparents, biréfringents, agissant fortement sur la lumière polarisée et offrant les caractères optiques du péridot (dispersion très-faible, $\rho < v$ pour la bissectrice positive). Il s'y rencontre, çà et là, des lamelles de diallage. Une roche semblable à cette gangue du platine se retrouve en abondance parmi les fragments de la brèche platinifère, avec la différence que, dans cette dernière, la substance agissant sur la lumière, comme le péridot, est souvent plus abondante, au point de former environ la moitié du volume. La serpentine forme de petites veines qui traversent en tous sens les fragments anguleux de péridot; cette disposition, qui est comparable à celle de certains marbres brèches, se reconnaît avec le faible grossissement d'une loupe. Çà et là la forme cristalline du péridot s'est même conservée.

L'analyse de l'un de ces échantillons a donné :

Eau chassée à 120 degrés		4,0
— au rouge vif		10,7
Parties solubles dans l'acide nitrique.	Magnésie	26,2
	Protoxyde de fer (dosé à l'état de peroxyde) et alumine, cette dernière en très-petite quantité	19,2
	Chaux	0,3
	Soude	0,1
Parties insolubles dans l'acide nitrique.	Résidu blanc léger, presque entièrement composé de silice	38,6
	Fer chromé	0,6
		99,7

Si les caractères optiques n'étaient pas concluants par eux-mêmes, on reconnaîtrait par la nature attaquable de la substance et par la prédominance de la magnésie, que le minéral transparent ne peut être que du péridot.

Ainsi, on est en droit de conclure que, dans la contrée de Nischne-Tagilsk, la roche mère du platine consistait ori-

ginairement en péridot, lequel est plus ou moins transformé en serpentine et accompagné de diallage, minéral qui prédomine dans d'autres parties de la roche.

Roche analogue contenant de l'osmiure d'iridium. — Un autre échantillon de la même roche, quoique n'ayant que 10 à 12 millimètres dans sa plus grande dimension, présente non-seulement le fer chromé et le platine en petits cristaux, mais aussi une grande lame d'osmiure d'iridium bien caractérisée.

2° Association analogue du platine à la Nouvelle-Zélande et à Bornéo.

Gisement à la Nouvelle-Zélande. — Les associations dans lesquelles le platine et le fer chromé ont été découverts dans la Nouvelle-Zélande offrent une ressemblance très-remarquable avec celles que je viens de signaler. Le platine, ainsi que l'osmiure d'iridium, a été découvert dans la rivière Tayaka (*), à proximité des massifs de la roche très-remarquable formée en grande partie de péridot, découverte par M. de Hochstetter, comme formant les montagnes de Dun, et à laquelle il a donné le nom de Dunite. A cette roche de péridot, est associée de la serpentine. Un échantillon de roche serpentineuse de Milford Sound a été rapporté récemment au Muséum par M. Filhol (**). Cet échantillon, qui ressemble, à s'y méprendre, à la gangue du platine de l'Oural, est d'un vert pâle, facile à rayer au canif; cependant, il agit dans toutes ses parties sur la lumière polarisée (***), à la manière d'un agrégat cristallin. On y distingue quelques cristaux dont les contours et les

(*) Von Hochstetter, *New-Zealand*, p. 107.
(**) A qui elle avait été donnée par M. le professeur Hutton d'Otago.
(***) Comme cela a lieu dans la villarsite.

caractères optiques annoncent la forme rhombique, forme qui appartient au péridot. D'après cette ressemblance avec la gangue du platine dans l'Oural, il est très-possible que le platine, dont on ne connaît jusqu'à présent que des quantités insignifiantes à la Nouvelle-Zélande, y soit rencontré plus tard en quantité beaucoup plus importante.

Quant à la gangue du fer chromé massif, elle est cristalline; c'est une diallage généralement verte, qui est devenue très-tendre et qui passe à la serpentine en prenant une cassure cireuse. Elle a conservé les clivages mh' du pyroxène (mh' = environ 133°; $h'm$ = 47°); le plan des axes optiques est parallèle à g' (*).

Gisement analogue à Bornéo. — Dans l'île de Bornéo, où le platine a été découvert en 1831, ce métal se trouve, ainsi que l'osmiure d'iridium, la laurite et l'or, dans les alluvions dérivant de la chaîne des Ratons, où ces substances sont accompagnées de serpentine, de gabbro et de diorite (**). Le tout est superposé à une roche serpentineuse qui constitue sans doute la matrice de ces minéraux.

Il résulte des études intéressantes récemment publiées par M. l'ingénieur des mines Verbeeck sur le district de Riam-Kiwa et de Riam-Kanan, que, dans cette région, des roches schisteuses cristallines, entre autres l'itacolumite, sont traversées par des roches éruptives, gabbro et serpentine, qui coupent aussi le terrain éocène. Outre des cristaux de diallage et du fer chromé, qui y abondent, la serpentine renferme très-fréquemment du péridot (***). Nous trouvons

(*) D'après M. Des Cloizeaux, beau système d'anneau excentré à travers les lames minces parallèles à h', avec compensation *négative* dans l'huile, l'hyperbole visible est à 245° de la normale à la plaque.

(**) *Poggendorff's Annalen*, t. CIII, p. 656. — *Leonhards Jahrbuch*, 1858, p. 449.

(***) *Jaarbock van het Mijnwezen im Oost-Indie*, 1875, 1re partie, p. 1 à 43.

La pâte de la serpentine renferme 0,5 p. 100 d'oxyde de chrome.

donc ici une ressemblance frappante avec les circonstances de gisement dans lesquelles se présente le platine de l'Oural.

Remarquons, en passant, que le diamant est ici associé au platine. Or, d'après les très-intéressantes études de M. Maskelyne, le diamant du Cap est associé à des bronzites décomposées et hydratées, avec péridot décomposé. Dans l'Afrique australe et à Bornéo, le diamant est donc associé à des roches magnésiennes, résultant en partie de la transformation du péridot et de la bronzite; dans ces deux régions très-éloignées, le diamant paraît par conséquent appartenir à un même mode de formation, lequel est différent de celui du Brésil.

3° Expériences sur l'imitation artificielle du platine magnéti-polaire.

On sait que certains échantillons de platine natif, non-seulement agissent sur l'aiguille aimantée, mais encore sont magnéti-polaires à la manière de véritables aimants. Berzélius, dans un mémoire sur la composition des minerais de platine (*), a signalé cette propriété pour quelques-unes des pépites de Nichne-Tagilsk (Oural) qu'il a soumises à l'analyse (**).

Les sables aurifères de l'Oural laissent, à la fin des lavages qu'on leur fait subir, un résidu dans lequel l'or est associé à des substances ferrugineuses. Pour en séparer ces dernières, du moins en partie, on se sert d'un fort aimant d'oxyde de fer magnétique naturel, provenant de la mine de Blagodat. Or, après que cet aimant n'agit plus aucunement, un aimant de platine natif peut encore soutirer des grains ferrugineux en quantité très-notable. Telle est l'observation intéressante qu'a faite M. de Kokscharow,

(*) *Poggendorff's Annalen*, t. XIII, p. 564; 1828.

(**) Une pépite magnéti-polaire du poids de 3g,833 est en la possession de S. A. I. le duc Nicolas de Leuchtenberg.

en 1866, lors d'un voyage dans l'Oural, en concluant que le magnétisme polaire des aimants de platine surpasse beaucoup en intensité celui des aimants ordinaires de fer oxydulé que la nature présente (*).

Diverses analyses ont appris que les grains de platine doués du magnétisme sont toujours alliés à une quantité de fer très-notable (12 à 19) (**). Breithaupt, ayant remarqué que la densité de ces grains ferreux est très-sensiblement inférieure à celle du platine ordinaire, a proposé, dès 1826, d'en faire une espèce distincte, sous le nom de *Eisenplatin*. Après avoir mentionné le magnétisme polaire des pépites de Nichne-Tagilsk, M. Gustave Rose ajoutait que leur teneur en fer ne paraît pas suffire pour rendre compte de cette propriété, et il supposait que l'iridium qu'il renferme pourrait y contribuer (***).

M. Jaunez Sponville a eu l'obligeance de me rapporter récemment quelques échantillons magnéti-polaires du platine, recueillis aux exploitations qu'il dirige dans l'Oural, près de Nischne-Tagilsk (****). La pépite principale, du poids

---

(*) *Bulletin de l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg*, t. VIII, 1866. — *Materialen der Mineralogie Russlands*, t. V, p. 180.

(**) Dans les nombreuses analyses de minerais de platine que MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray ont publiées à l'occasion de leurs belles recherches sur ce métal (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LVI), ces savants n'ont pas trouvé un contenu en fer dépassant 12 p. 100. D'après ces analyses, comme d'après celles que l'on doit à Berzélius, à Osann, à M. de Muchin, les minerais de Nichne-Tagilsk se distinguent par leur forte teneur en fer. M. de Muchin annonce y avoir trouvé jusqu'à 17,13 et même 18,93 dans des grains noirs préalablement traités par de l'acide (de Kokscharow, ouvrage précité, t. V, p. 186).

(***) Gustave Rose, *Reise nach Ural*, t. II, p. 389. Swanberg paraît avoir eu la même opinion (*Rammelsberg Handwoerterbuch der Mineralogie*, 2e édition, p. 11).

(****) Les plus petits grains ne pèsent que 0g,35 à 0g,09; deux autres, qui pèsent environ 0g,2, sont hérissés de cristaux mal formés dont la configuration rappelle celle du cube, et ressemblent à ceux que l'on trouve quelquefois engagés au milieu du fer chromé.

de 12 grammes, présente trois axes et six pôles dont on peut reconnaître la situation, soit au moyen de l'action, qu'ils exercent sur l'aiguille aimantée, soit en examinant les figures qu'ils font naître dans de la limaille de fer répandue sur une feuille de papier, selon la portion de la pépite qu'on en approche.

On pouvait se demander si de l'oxyde magnétique disséminé dans le platine natif ne pouvait pas être la cause de cette polarité. La pépite principale ayant été polie de manière à présenter une face très-miroitante, on traita cette dernière par l'acide chlorhydrique concentré, qui fut sans action à froid et même à chaud. Le même échantillon étant soumis ensuite à une chaleur rouge, on voit apparaître sur la face polie des irisations très-vives : des zones de couleurs fort différentes et séparées par des contours tout à fait nets, sont disposées concentriquement autour des cavités de l'échantillon, ainsi que des petits grains étrangers qui y sont disséminés. Ces bandes, en annonçant que la substance est loin d'être homogène, montrent en outre de quelle manière les divers alliages s'y sont répartis. Mais on n'y remarque rien qui manifeste une structure cristalline, comparable à celle que révèlent si nettement les figures de Widmanstaetten sur les fers d'origine météorique. L'eau régale, en attaquant cette surface polie, y fait apparaître, en saillie, de petits grains d'un gris d'acier, qui restent inattaqués, comme le ferait de l'osmiure d'iridium. Enfin, l'action du bisulfate de potasse en fusion a servi à poursuivre cette sorte d'analyse médiate et à faire reconnaître l'hétérogénéité qui règne dans la constitution intime des pépites.

Les pépites de platine étant des alliages très-complexes des métaux qui appartiennent au groupe du platine et de plusieurs autres, il convenait, pour se rendre compte de la cause de leur polarité magnétique, de procéder par la synthèse. C'est ce que j'ai fait, en recourant au procédé de

MM. Henri Sainte-Claire Deville et Debray, et en profitant de l'installation si bien organisée au Conservatoire des arts et métiers pour la fusion du platine, grâce à l'extrême obligeance de notre savant confrère M. Tresca, et à celle de M. Gustave Tresca, auquel je suis redevable d'un concours aussi habile qu'empressé.

Avant de former directement des alliages, j'ai désiré voir si, après la fusion, un aimant de platine conserve sa propriété magnéti-polaire. Une pépite de cette nature étant fondue dans un creuset de chaux, on voit, pendant qu'elle est en pleine liquéfaction, en jaillir des étincelles dues, au moins en partie, à la combustion d'une partie de son fer. En même temps, à la surface du bain incandescent, apparaît une pellicule opaque qui s'y meut rapidement, rappelant exactement ce qui arrive dans la coupellation de l'argent; mais, au lieu de l'oxyde de plomb, c'est de l'oxyde de fer qui se produit ici, et qui après le refroidissement forme une croûte cristalline sur une partie du bouton métallique. Le culot obtenu, après une fusion prolongée pendant une minute environ, était encore magnétique, mais plus faiblement que l'échantillon primitif, et il ne présentait plus de polarité; il a toutefois repris cette dernière propriété sous l'action d'un électro-aimant. Le changement observé à la suite de la fusion ne résulte sans doute que de l'élimination d'une partie notable du fer allié au platine, par suite de l'oxydation.

Les fusions dont il va être question, de même que cette première, ont eu lieu dans un creuset de chaux, sous l'action d'un chalumeau alimenté simultanément par le gaz d'éclairage et l'oxygène.

En vue du but qu'il s'agissait d'atteindre, on a fondu du platine avec un quart de son poids de fer (24 grammes de platine et 6 grammes de fer). Pour cela, le platine étant en pleine fusion, on y a ajouté du fil de fer très-doux (*), qui

(*) Fil de bobine électro-magnétique.

avait préalablement était réuni et tordu comme une sorte de corde, afin d'éviter, à cette haute température, des pertes considérables par l'action de l'oxygène. Aussitôt que ce fil pénètre dans le platine fondu, il est instantanément dissous, en donnant lieu, comme dans le cas précédent, d'une part à des étincelles, de l'autre à une scorification, lors même que la substance ne reste en fusion qu'une fraction de minute. Sans aucune autre préparation que celle qui vient d'être indiquée, on obtient, après refroidissement et au sortir même du creuset, un bouton manifestant un magnétisme polaire très-prononcé.

Dans le désir de l'étirer sous forme de barreau, j'ai essayé de le faire forger; mais l'opération n'a pu réussir, ni à froid, ni à chaud : l'alliage s'est brisé sous le marteau en fragments grenus, à peu près comme le font les pépites naturelles de composition analogue.

Le magnétisme polaire s'est également manifesté dans chacun des fragments. Ces premiers résultats apprennent que la seule présence du fer, en proportion convenable, suffit pour rendre compte de la polarité du platine natif.

Afin d'obtenir l'alliage magnéti-polaire sous une forme allongée, comparable à celle d'un barreau aimanté, on a entaillé dans de la chaux, avec un couteau bien tranchant, une rainure présentant la forme d'un prisme à base de trapèze, disposé horizontalement. Après moins d'une minute de fusion dans cette rainure, pendant laquelle se sont reproduits les faits d'oxydation précédemment indiqués, on a obtenu un barreau qui agissait non-seulement sur l'aiguille aimantée, mais aussi présentait des pôles énergiques de nom contraire, lesquels ont persisté après qu'il a été dégagé de l'enduit scoriacé et magnétique dont il était recouvert. Ces pôles étaient au nombre de quatre, deux contraires à chacune des extrémités du barreau.

Cet alliage se comporte, sous le marteau, de même que le premier. L'état moléculaire de l'un et de l'autre se rap-

proche de celui des pépites magnéti-polaires. Leur dureté est voisine de celle de l'apatite, mais un peu inférieure.

Dans la fusion dont il vient d'être question, non-seulement du fer s'était partiellement oxydé, mais un peu de platine avait probablement disparu en petites grenailles. Aussi, au lieu de calculer le fer allié par l'augmentation de poids, était-il plus sûr de recourir à un dosage direct. L'analyse qui a été faite au bureau d'essais de l'École des mines sur le produit de la première opération a donné :

Fer	16,87
Platine	83,05
Total	99,92

La densité est de 15,66 pour le premier alliage obtenu et de 15,70 pour le second; la composition de ce dernier doit donc être voisine de celle qui vient d'être donnée (*). Par leur proportion de fer et par leur densité, ces alliages se rapprochent beaucoup des pépites magnéti-polaires naturelles, malgré la présence des métaux étrangers que celles-ci renferment (**).

En ce qui concerne la manière dont le platine natif ferrifère s'est produit autrefois dans la nature, il est à remarquer que beaucoup de roches contenant de l'oxyde de fer auront pu fournir ce métal au platine, par une réduction partielle, et cela peut être, sans que la température ait pu atteindre un degré aussi élevé que celui de la fusion de ces métaux.

Après avoir reproduit le platine magnéti-polaire, semblable à celui que présente la nature, il convenait de voir

(*) Pour un troisième échantillon de platine magnéti-polaire obtenu artificiellement, on a trouvé une densité de 14,94.

(**) Dans des grains magnétiques de Nischne-Tagilsk, M. de Muchin a trouvé 17,13 pour 100 dans les grains de teinte noirâtre, et 15,88 pour ceux de teinte plus blanche. De Kokscharow, ouvrage précité, tome V, p. 179-188.

comment se comportent des alliages d'une teneur plus considérable en fer.

Des alliages de platine, riches en fer, ont déjà été préparés, il y a longtemps, par Faraday et Stodart; mais ces savants ont passé sous silence la manière dont les alliages qu'ils ont obtenus agissent sur le barreau aimanté.

Un alliage où j'avais introduit, sur 100 parties, 99 de fer et 1 de platine, après une fusion complète, tout en étant fortement magnétique, n'a pas donné de trace de polarité, même après avoir été étiré en barreau. Deux autres alliages de platine contenant, l'un 75 de fer, l'autre 50 p. 100 du même métal, se sont comportés à peu près de même (*).

J'ajouterai qu'un des alliages formés par Berthier contient un équivalent de chacun des deux métaux, c'est-à-dire 78,4 de platine et 21,6 de fer; or, j'ai constaté que cet alliage, encore conservé au laboratoire de l'École des mines, bien qu'imparfaitement fondu, est également magnéti-polaire.

Ainsi, quelque prononcé que soit le pouvoir magnétique du fer, les alliages où ce métal prédomine n'ont pas acquis la polarité dans les mêmes conditions que l'alliage obtenu d'abord. D'un autre côté, il résulte des nombreuses analyses que l'on possède que le platine natif, renfermant seulement une faible proportion de fer, n'est pas magnéti-polaire.

La propriété remarquable dont il s'agit paraît correspondre à certaines proportions de fer qui ne sont pas considérables.

On sait que les minéraux dits *magnétiques*, c'est-à-dire qui attirent les deux pôles de l'aiguille aimantée, peuvent, à la suite de diverses opérations, devenir magnéti-polaires.

(*) Pour ces trois fusions au creuset, j'ai eu recours à l'obligeance de M. le lieutenant-colonel d'artillerie Caron.

M. Delesse a fait, il y a longtemps, des expériences de ce genre, pour des minéraux variés (*). En ce qui concerne le platine, M. Edmond Becquerel a montré qu'il suffit de traces de fer pour que ce métal, sous l'influence de pôles énergiques, acquière aussi la propriété magnétique (**).

Mais, d'après les expériences que je signale aujourd'hui, la polarité magnétique apparaît immédiatement, d'une manière très-prononcée, dans l'alliage, au moment où il sort du creuset suffisamment refroidi, et cela, sans passer par aucune opération spéciale, par aucune *touche*. Si l'on compare ce fait à ce que l'on sait de l'acier fondu dans les mêmes circonstances, on est conduit à admettre que le platine allié de fer, dans des proportions convenables, devient exceptionnellement susceptible d'acquérir, en quelques instants, l'état magnéti-polaire. C'est une sensibilité que ne possèdent ni le fer ni l'acier.

Cet état magnéti-polaire ne peut s'acquérir que sous une forte induction magnétique, qu'il était très-naturel d'attribuer à l'influence du globe.

Pour contrôler cette explication et voir quelle est la part de l'action inductrice du globe sur la situation des pôles qui prennent ainsi naissance, j'ai repris la dernière expérience, relative à la formation d'un barreau magnétique de platine, mais, cette fois, en disposant ce barreau, pendant la fusion, exactement dans le plan du méridien magnétique. Dès qu'il a été solidifié, il a, de plus, été placé, encore très-chaud, parallèlement à l'aiguille d'inclinaison, jusqu'à son refroidissement complet, qui, en raison de sa petite dimension (13 grammes), a eu lieu en moins de 10 minutes. J'ai alors reconnu que le barreau présente, vers ses deux extrémités, deux pôles qui agissent très-énergi-

(*) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXII, p. 110; 1851.

(**) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXV.

quement et sont disposés exactement comme ceux de l'aiguille aimantée, c'est-à-dire que l'extrémité tournée vers le nord magnétique repousse fortement le pôle nord de l'aiguille aimantée, et inversement attire le pôle sud de cette même aiguille.

Il convenait de s'assurer que cette disposition des pôles n'est pas fortuite; à cet effet, j'ai chauffé au rouge ce même barreau, mais en lui donnant une position diamétralement inverse de celle sous laquelle il avait acquis ses pôles. Le barreau acquiert alors des pôles aussi énergiques que les premiers, mais exactement renversés. Ces renversements successifs de pôles paraissent pouvoir être ainsi indéfiniment reproduits.

Ces faits sont analogues à celui qu'a signalé M. Sidot, dans d'ingénieuses expériences (*), où il a produit l'oxyde et le sulfure de fer magnétique. Ils confirment l'influence que l'action générale du globe doit avoir eue sur la disposition des pôles dans les divers minéraux et roches magnétiques, au moment où ces minéraux et ces roches se sont formés, importance qu'il possède encore à tout instant.

Le fait qui vient d'être reconnu paraît mériter d'être étudié au moyen d'un plus grand nombre d'expériences, notamment en ce qui concerne les circonstances dans lesquelles naissent les pôles, ainsi que le magnétisme spécifique de divers alliages de platine et de fer, comparativement à des aimants naturels ou artificiels. Les résultats pourraient offrir de l'intérêt au point de vue de la théorie et, peut-être aussi, à celui de l'application, dans les cas où l'on désirerait une grande inaltérabilité dans les aiguilles ou barreaux aimantés : des aiguilles fines que j'ai fait découper dans un lingot de platine fonctionnent comme les aiguilles aimantées en acier.

(*) *Recherches sur la polarité magnétique de la pyrite de fer et de l'oxyde correspondant préparés artificiellement* (*Comptes rendus*, t. LXVII, p. 175; 1868).

4° Expériences tendant à rendre compte de la relation du platine natif avec le fer chromé qui l'enveloppe.

Un des compagnons les plus intimes du platine dans sa gangue, le fer chromé, mérite l'attention.

On sait que dans la contrée de Nichne-Tagilsk, ce minéral est très-fréquemment et très-abondamment associé au platine; non-seulement il se présente en cristaux et en grains dans les alluvions platinifères, mais aussi il incruste souvent les pépites. Dans certains cas, le platine lui-même est disséminé au milieu de morceaux plus ou moins volumineux de fer chromé. Alors, comme l'a remarqué M. Gustave Rose, le platine est ordinairement anguleux et même cristallisé (*) : c'est ce que montrent aussi les échantillons que j'ai reçus.

Quelle que soit la différence de leur constitution chimique, une association aussi constante de ces deux minéraux n'est sans doute pas fortuite; elle paraît être significative, comme je vais essayer de le montrer, et servir de témoin à des réactions par lesquelles a passé originairement la gangue du platine.

Quand on fond, au contact de l'air, du platine allié à du fer, on voit à une très-haute température le fer s'oxyder avec rapidité et se transformer, en partie en étincelles, en partie en une scorie magnétique. Ainsi que j'ai eu l'occasion de l'observer, soit sur des alliages artificiels, soit sur des pépites naturelles de platine très-ferrifère, après une sorte d'affinage, le platine reste comme un noyau dans la scorie formée aux dépens du fer qui lui était primitivement allié, à peu près suivant la disposition où il se présente dans le fer chromé de la nature.

(*) *Reise nach Ural*, t. II, p. 386. — De Kokscharow, *Materialen zur Mineralogie Russlands*, t. V, p. 379.

Les échantillons naturels offrent une autre analogie avec ces produits d'expériences; car le platine qui est ainsi associé au fer chromé paraît se distinguer du platine des autres gisements, par la forte proportion de fer auquel il est allié. C'est seulement dans cette association que le platine, très-riche en fer et doué du magnétisme polaire, paraît avoir été rencontré, au moins jusqu'à présent.

Le chrome étant, comme le fer, très-oxydable, on peut se rendre compte de cette relation entre le platine et le fer chromé, en supposant que les trois corps, platine, fer et chrome, étaient originairement à l'état métallique; puis qu'en présence d'une certaine quantité d'oxygène et à une température élevée, il s'est produit un départ des métaux les plus oxydables. Toutefois, malgré la rapidité avec laquelle le fer s'oxyde dans ces circonstances, une partie très-notable de ce fer est restée à l'état métallique : la scorification a été incomplète. Cela peut faire supposer, soit que l'oxygène était en quantité insuffisante, soit que cet oxygène n'a agi que pendant un temps très-court.

Dans le but de contrôler expérimentalement cette supposition, j'ai de nouveau eu recours au puissant procédé de coupellation dans la chaux, dont on est redevable à MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray, et, à du platine en fusion, j'ai ajouté un alliage de fer et de chrome. Le fer et le chrome sont passés à l'état d'oxydes, mais sans toutefois que ces oxydes aient formé une combinaison, comme dans le fer chromé; car ils sont restés solubles dans les acides. On n'a pas mieux réussi en opérant sur un alliage des trois métaux (platine, 10; fer, 3; chrome, 2) que l'on a soumis au chalumeau oxyhydrique, en n'oxydant que très-lentement et en maintenant la substance à l'état pâteux. Çà et là se montrent des cristaux transparents et verdâtres qui sont peut-être du chromite de chaux; quelques-uns des grains de platine sont magnétiques.

Les formes sous lesquelles le platine s'est isolé au milieu de la scorie oxydée dans la première expérience méritent d'être signalées. Parmi des grains dont la forme tuberculeuse rappelle celle des pépites naturelles, il en est d'autres offrant à leur surface une réticulation dendritique, suivant deux directions perpendiculaires; d'autres enfin sont hérissés de petits cristaux cubiques. Ce dernier fait est à rapprocher de cette circonstance, que le platine engagé dans le fer chromé est ordinairement cristallisé.

On pouvait encore comprendre l'association des métaux aux combinaisons oxydées par une hypothèse inverse de la scorification et supposer que du platine, s'étant trouvé en présence du fer chromé et d'un réductif, aurait pris à cette dernière combinaison du fer pour lequel il a une forte affinité. Mais on a fondu, à plusieurs reprises, dans un creuset brasqué et avec un mélange de charbon, du fer chromé et du platine, sans que ce dernier ait annoncé, par un état magnétique, la présence du fer. Le résultat a été également négatif quand du péridot a été ajouté comme fondant et comme pouvant lui-même fournir du fer dans ces conditions. Cette seconde supposition paraît donc avoir moins de fondement que la première.

Ainsi l'association du platine et du fer chromé se présente comme si dans les masses profondes dont provient le platine, il s'était produit une scorification partielle.

5° Traits multiples de ressemblance entre la roche mère du platine et certaines roches météoritiques.

La scorification dont il vient d'être question plus haut serait tout à fait analogue à celle par laquelle j'ai cherché à expliquer, en m'appuyant aussi sur des expériences, la formation des roches météoritiques, dans lesquelles le fer est également en partie à l'état métallique, en partie à

l'état oxydé (*). En chauffant et en oxydant incomplètement les corps dominants des météorites, du fer, du magnésium et du silicium préalablement combinés, j'ai, en effet, obtenu du fer, tant à l'état métallique qu'à l'état de silicate de protoxyde qui, avec l'oxyde de magnésium, a constitué du péridot partiellement cristallisé.

La présence du fer métallique allié au platine natif suffirait pour le caractériser au milieu de toutes ces substances minérales connues dans l'écorce terrestre et pour le rapprocher des roches météoritiques.

Comme autre trait d'analogie, il importe d'observer qu'ordinairement les roches météoritiques à base de péridot contiennent aussi du fer chromé; elles ressemblent donc minéralogiquement à la gangue du platine de l'Oural. La ressemblance que j'avais déjà signalée autrefois (**) trouve une confirmation remarquable et se complète par la présence du péridot que nous venons d'y reconnaître. Le rapprochement est particulièrement frappant pour la météorite tombée à Chassigny (Haute-Marne), qui, d'après l'analyse très-exacte de M. Damour, se compose presque entièrement de péridot, auquel se joint du fer chromé dans la proportion de 4 p. 100 (***). La ressemblance entre cette roche cosmique et la roche terrestre qui nous occupe s'étend jusqu'à l'aspect et la texture (****).

Ces ressemblances me faisaient penser que le platine ferrifère devait renfermer aussi du nickel, bien que d'après

---

(*) *Comptes rendus*, t. LXII, p. 670 et suiv.; 1866. — *Annales des mines*, 6e série, t. XIII, p. 41 et suiv.; 1868.

(**) *Comptes rendus*, t. LXII, p. 672.—*Annales des mines*, 6e série, t. XIII, p. 50.

(***) *Comptes rendus*, t. LV, p. 571.

(****) Je rappellerai à cette occasion que M. le professeur Shepard a récemment appelé l'attention sur la ressemblance avec les météorites des roches à bronzite de la Havane qui renferment de l'or et qui paraissent en partie résulter de la transformation du péridot (*Catalogue of the meteoric collection*, 1872).

les analyses faites jusqu'à présent par de très-habiles chimistes, ce métal n'y ait pas été signalé. Les analyses que M. Terreil a bien voulu faire, à ma demande, sur un grain de platine magnéti-polaire de Nichne-Tagilsk, ainsi que sur une pépite simplement magnétique, ont confirmé cette supposition, en indiquant dans tous deux la présence incontestable du nickel. Le second échantillon en renferme 0,75 sur 100 parties. La proportion du nickel au fer y est donc d'environ 7 p. 100, c'est-à-dire à peu près comme dans certains fers météoriques.

Toutefois, il existe entre ces deux roches cette différence, que la gangue du platine de Nichne-Tagilsk s'est transformée et qu'elle a subi une hydratation dans laquelle la serpentine s'est produite aux dépens du péridot, tandis que dans la météorite de Chassigny ce minéral est resté inaltéré.

Tels sont les traits multiples et inattendus de similitude, tant dans la constitution minéralogique que dans le mode possible de formation, qui rapprochent certaines météorites de la gangue du platine à péridot et fer chromé. Ce n'est pas à dire que les roches platinifères soient tombées des espaces à la manière des météorites; mais, de même que dans les roches cosmiques qui nous représentent les parties intérieures de corps célestes brisés, nous trouvons dans les masses profondes et platinifères du globe les caractères d'une scorification qui est restée incomplète.

En dehors de toute hypothèse, un autre fait sur lequel j'ai appelé depuis longtemps l'attention ressort chaque jour davantage : c'est l'importance que doit avoir le péridot dans les régions profondes de notre globe, de même que dans les roches cosmiques, dont les météorites nous apportent des éclats.

MÉMOIRE

SUR

LES SOLFATARES LATÉRALES DES VOLCANS

DANS

LA CHAÎNE MÉRIDIONALE DES ANDES DU CHILI

Par M. DOMEYKO.

Le nombre des volcans actifs du Chili est restreint; on n'en compte actuellement que quatre ou cinq, contrairement à ce qu'on donne dans les atlas physiques et les traités de géologie, où l'on élève ce nombre à plus de vingt. Cependant toute la chaîne méridionale des Andes du Chili, depuis la latitude de 32° jusqu'au delà de la latitude du golfe de Reloncavi (lat. 42-43), est hérissée de cônes volcaniques qui, depuis un temps immémorial, ont leurs cratères bouchés par des glaciers, et n'accusent point de signes d'éruptions récentes. Plusieurs de ces volcans éteints portent sur leurs flancs et près de leurs bases apparentes des *solfatares* qui doivent avoir de l'influence sur l'inactivité des cratères.

Ces *solfatares* paraissent jouer un rôle important dans le système des volcans du Chili, et l'on pourrait les nommer *solfatares latérales*, pour les distinguer des solfatares *centrales* ou *cratériformes*.

L'étude que depuis bien des années je fais des *solfatares latérales*, au Chili, me porte à en distinguer deux classes dont les traits principaux pourraient être définis de la manière suivante :

1° *Solfatares à crevasses allongées; — dégagement de gaz*

et de vapeurs violent, mais éphémère; — formation de conglomérats trachytiques.

2° *Solfatares permanentes, dues en grande partie au ramollissement et gonflement de la croûte; — dégagement de fluides élastiques, lent et continu; — sublimation du soufre et kaolinisation des roches.*

Je commencerai par les solfatares de la première classe et, pour en donner un exemple, je me propose de faire une monographie de la solfatare de Cerro-Azùl, que j'ai eu l'occasion d'observer, et d'en faire une étude spéciale depuis le moment de sa formation jusqu'au jour où je l'ai vue complétement éteinte. Je signalerai en même temps d'autres solfatares de même nature, dont on ne voit actuellement que les débris et qui se groupent, conjointement avec celle du Cerro-Azul, autour du grand massif des deux Descabezados.

I. — SOLFATARES LATÉRALES DE LA PREMIÈRE CLASSE.

Situation du grand massif de Descabezado; — étude des trachytes qui le composent; — solfatare nouvelle de Cerro-Azul; — solfatares anciennes du même massif.

Situation et figure du grand massif de Descabezado. — A partir de la latitude d'environ 33° S., la chaîne des Andes du Chili commence à s'abaisser considérablement et à être dominée par des montagnes volcaniques dont les altitudes diminuent aussi à mesure qu'on s'avance vers le sud. Ainsi, tandis que le volcan de San José (lat. 33° 40′) s'élève à plus de 6.000 mètres au-dessus du niveau de la mer, celui de Maypo (lat. 34°) n'a que 5.384 mètres d'altitude; le Tinguiririca (lat. 34° 50′), 4.478 mètres; le Descabezado-Grande (lat. 35° 30′), 3.888 mètres; le Cerro-Nevado de Chillan (lat. 36° 50′), 2.879 mètres; Antuco (lat. 37° 20′), 2.735 mè-

tres, et le sommet de Calbuco (lat. 40°20') dépasse à peine la hauteur de 1.700 mètres au-dessus du niveau de la mer (*).

La ligne de faîte qui passe par le sommet de ces cônes volcaniques ne coïncide pas rigoureusement avec la ligne de séparation des eaux; elle dévie à l'ouest, en formant avec cette dernière un angle très-aigu.

Sur cette ligne de faîte, en traversant la province de Maule, on aperçoit les sommets couverts de neiges perpétuelles de Descabezado-Grande et de Cerro-Azul. (Voir Pl. IV, *fig.* 1.) C'est dans la dépression de la chaîne entre ces deux sommets que se trouve la solfatare connue tantôt sous le nom de Descabezado, tantôt sous celui de Cerro-Azul.

Le système des montagnes dans cette partie des Andes se trouve moins compliqué que dans le nord. On voit d'abord en première ligne, du côté de l'ouest, à partir de la plaine intermédiaire entre les cordillères de la côte et la chaîne des Andes proprement dite, des masses granitiques qui s'élèvent jusqu'à plus de 1.000 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer (cuesta de Hastilleros). Puis viennent les trachytes, qui forment toute la partie centrale de la chaîne. Ils ne renferment que quelques lambeaux de terrains porphyroïdes métamorphiques. Les roches calcaires font complétement défaut.

C'est au milieu de cette formation trachytique très-étendue que se trouve un grand massif, composé aussi de trachytes, qui s'allonge dans la direction S.-O.-N.-E. et domine les montagnes environnantes. Il doit avoir plus de 30 kilomètres en longueur; il porte à son extrémité sud-ouest le cône culminant de Descabezado-Grande (3.888 mètres), et à l'autre extrémité, près de la ligne de la séparation des eaux dans les Andes, le cône de Descabezado-Chico, dont le cratère, selon M. Pissis, s'élève à 3.253 mètres au-dessus

(*) Ces hauteurs et les latitudes ont été prises dans la grande carte de la République du Chili, due à M. Pissis.

de la mer. Tout le massif a la figure d'un triangle scalène dont le sommet se trouve au Descabezado-Chico, et la base en face de Cerro-Azul. Les trois côtés en sont marqués : 1° *au nord-ouest*, par le chaînon qui unit les deux Descabezados, et dont la crête se maintient à des hauteurs d'environ 2.500 à 3.000 mètres ; 2° *au nord-est*, par une vallée profonde nommée Invernada de los Jirones, qui prend son origine près de la base apparente de Descabezado-Chico et descend en s'élargissant vers le sud ; 3° *au sud-ouest*, par la dépression qui sépare le Descabezado-Grande de Cerro-Azul, et d'où descend un torrent qui, après avoir arrosé la prairie de San Juan (los Vegas de San Juan), tombe dans la vallée de los Jirones. Il se sépare de ce massif, du côté du chaînon nord-ouest, quelques contre-forts, et au pied de ce même chaînon prennent naissance plusieurs ruisseaux qui se dirigent à l'ouest. La crête de ce même chaînon forme le bord le plus élevé du massif, qui de là s'abaisse visiblement à l'est et au sud, formant un plateau évasé, à bords relevés du côté de l'est. Au milieu de ce plateau et dans sa partie la plus basse, à 2.300 et 2.400 mètres d'altitude, se trouvent les pâturages qui portent le nom de Meneses.

C'est précisément sur les trois côtés de ce massif triangulaire que s'étaient ouvertes les solfatares que je vais décrire (*).

Les deux volcans que je viens de nommer, le Descabezado-Grande et le Descabezado-Chico, situés aux deux extrémités du massif, sont éteints depuis des temps immémoriaux ; du moins, on n'a pas connaissance qu'ils aient produit d'éruptions depuis la découverte de l'Amérique ;

(*) Tous les détails que je viens de donner sur la situation des deux Descabezados et sur la configuration du massif dont ils font partie se trouvent parfaitement bien représentés sur la carte du Chili de M. Pissis. De cette carte, en y ajoutant quelques localités que je signale dans ce mémoire, j'ai pris la liberté d'extraire le plan (*fig.* 6) qui pourra rendre plus claires mes explications.

leurs sommets, jusqu'à environ 3.000 mètres de hauteur, et leurs cratères sont couverts de glaciers. Le cône du Descabezado-Grande (voir Pl. IV, *fig.* 2), quand on le regarde de loin, en venant du nord, se présente tronqué par un plan qui s'abaisse du côté de l'observateur; mais quand on atteint le plateau du massif et qu'on observe la même montagne du lieu nommé Meneses, on voit que du côté nord-est se trouvent une grande échancrure du cône, des arêtes saillantes et des escarpements nus contrastant avec la partie opposée de la montagne, laquelle, sur son contour occidental et sud-ouest, montre une forme conique assez régulière. On ne voit pas du côté de l'ouest et du sud-ouest des coulées de laves pareilles à celles que produisent l'Antuco ou le vieux Chillan; on n'en trouve pas non plus de bien prononcées sur le versant oriental Il existe seulement sur le plateau, du côté du nord et du nord-est, de grandes assises d'obsidiennes, et l'on voit sur les pentes orientales à des hauteurs de 3.000 à 3.100 mètres au-dessus du niveau de la mer, des matières ou poreuses, ou porphyroïdes, semblables aux laves d'Antuco, et qui ont tout à fait l'apparence des laves modernes. On en trouve aussi de pareilles, en masses détachées, au fond de la vallée de los Jirones, provenant probablement du Descabezado-Chico.

En l'absence des coulées de laves, les pentes septentrionales du Descabezado-Grande, les ravins et la majeure partie de la surface du *massif* et de son plateau du côté nord-est, c'est-à-dire du côté de la partie échancrée, sont couverts d'immenses quantités de matières incohérentes, de ponces et de lapilli. Les morceaux de ponce sont de toute grandeur, mais rarement dépassent un décimètre en diamètre. Les lapilli sont en petite quantité et ressemblent aux petites scories que le volcan Antuco projette dans ses éruptions.

Pour donner maintenant une idée de la composition du massif qui s'étend entre les deux cônes volcaniques du Des-

cabezado, je décrirai les roches dont ce massif est formé et qui sont toutes trachytiques, mais avec de grandes variations dans les caractères minéralogiques. Le sujet demanderait sans doute une étude plus approfondie que celle que j'ai pu faire jusqu'à présent; je veux seulement signaler les variétés de ces roches qui m'ont paru les plus remarquables.

Description des roches qui entrent dans la composition du grand massif des deux Descabezados. — 1° *Trachytes prismatiques ou colonnaires.* — Ils se divisent ordinairement en colonnes prismatiques de trois, quatre ou cinq pans, comme les basaltes; se montrent sur les flancs et escarpements des montagnes, ou forment des crêtes saillantes. Leur structure est porphyroïde, peu poreuse; la masse est lithoïde, sans éclat, grenue, grise, et le feldspath disséminé en petits cristaux très-irréguliers et incomplets, plus ou moins vitreux et fendillés. On constate quelquefois dans ces roches la présence de l'olivrine, mais jamais celle de l'amphibole ni du pyroxène; leurs escarpements se montrent parfois à certaines distances des cônes volcaniques, séparés de ces derniers par quelques ravins ou vallées profondes. Ces roches ont toujours la même configuration extérieure, et souvent au-dessus de leurs divisions prismatiques on en voit d'autres en boules ou en sphéroïdes. Quant à leur composition *moyenne*, et surtout à la proportion de silice qu'elles renferment, elles ne coïncident ni avec celles des roches qu'on adopte pour types des basaltes ni avec celles qu'on considère comme types du trachyte: ce ne sont que des roches hybrides, de composition intermédiaire entre celle du trachyte saturé de silice et celle des roches basiques basaltiques. Voici la composition de divers échantillons de ces roches, pris dans les massifs de Tinguiririca, de Descabezado et d'Antuco, éloignés à de très-grandes distances les uns des autres.

	TINGUIRIRICA.	DESCABEZADO.	ANTUCO.
Silice	58,43	59,50	52,5
Alumine	16,75	16,90	18,0
Oxyde de fer (1)	11,00	7,32	14,5
Chaux	4,94	6,00	8,8
Magnésie	3,27	3,01	3,7
Soude	2,94	4,21	1,3
Potasse	0,05	0,04	0,2
Perte au feu	1,00	2,70	»
	98,38	99,68	99,0

(1) L'oxyde de fer est donné à l'état de sesquioxyde, sans qu'on ait fait de recherche dans quel état il se trouve.

2° *Trachytes porphyroïdes plus silicatés que les précédents, contenant parfois des pointes et particules quartzeuses qui produisent des étincelles au marteau; formant presque toujours des bancs épais qui ne se divisent pas en prismes.* — La masse de ces trachytes est gris brunâtre, souvent violacée, lithoïde, compacte, poreuse; les pores et les vides ne sont pas circulaires, mais ordinairement très-irréguliers. Ces trachytes paraissent être plus modernes que les précédents; ils se trouvent en grande abondance sur les flancs du Descabezado, et forment, avec ceux qui suivent, les assises supérieures et la croûte du *massif.* Les caractères extérieurs de ces roches varient beaucoup et ne sont pas faciles à décrire; la masse paraît être une modification ou une détérioration de l'obsidienne, qui a perdu son éclat; le feldspath est ordinairement d'un blanc sale, en cristaux peu distincts, ternes, ou en particules et veinules amorphes très-irrégulières. L'analyse d'un échantillon de ces trachytes, détaché des blocs qui se trouvent en plus grande abondance dans les morceaux rejetés par la solfatare de Cerro-Azul m'a donné pour la composition du mélange :

Silice	69,73
Alumine	16,33
Oxyde de fer	4,63
Chaux	1,73
Magnésie	0,20
Soude	3,00
Potasse	1,30
Perte au feu	1,13
	98,05

3° *Trachytes à masse d'obsidienne.* — Ces roches forment aussi des bancs irréguliers, de beaucoup de puissance, et ne présentent pas de divisions colonnaires. Leur masse est d'un noir plus ou moins grisâtre et conserve parfois un peu d'éclat vitreux. Le feldspath qui s'y trouve disséminé et forme des pointes ou des petits bouts de cristaux, a l'éclat vitreux bien prononcé. La roche est ordinairement tenace et paraît résister mieux que les autres à l'action corrosive des gaz et vapeurs acides des solfatares. On voit des blocs énormes de plus de 150 mètres cubes de volume de ces trachytes dans les décombres des solfatares.

Un fragment de ces blocs a donné à l'analyse :

Silice	68,50
Alumine	20,03
Oxyde de fer	5.50
Chaux	5,65
Soude (et trace de potasse)	0,90
	100,58

4° *Trachytes porphyriques granitoïdes.* — Ces trachytes ressemblent, au premier coup d'œil, par leurs caractères minéralogiques, à certaines roches feldspathiques qu'on rencontre dans les groupes des roches cristallines granitoïdes du Chili. Leur masse est peu poreuse, à très-petits pores discernables à la loupe; grise, grenue, terne; le feldspath, qui est de couleur plus claire que la masse, forme au milieu de celle-ci des cristaux jumeaux, accolés par leurs

faces larges, et pareils aux cristaux feldspathiques appartenant au système triclinique, qu'on rencontre fréquemment dans divers porphyres et roches granitiques du Chili. Le clivage de ce feldspath, parallèle au plan de jonction, a un éclat gras, et sa surface est inégale, fissurée comme celle des clivages du feldspath vitreux des roches trachytiques; la cassure transversale a un éclat plus vif, vitreux, et présente au milieu une ligne de séparation bien nette. Ces cristaux adhèrent si fortement à la masse qu'il est impossible de les dégager pour en faire une analyse; mais par leurs caractères minéralogiques et la composition de la roche, ils me paraissent être du feldspath labrador. On aperçoit aussi dans quelques parties de la roche de tout petits grains d'olivine et quelques taches grenues, noires, qui pourraient être du pyroxène, mais dont il m'a été impossible de reconnaître la nature.

Cette roche est ordinairement tenace; elle se rencontre dans des gisements exceptionnels, sortant du milieu d'autres trachytes, sans que ses assises présentent des formes déterminables; celle dont j'envoie l'échantillon sort au jour sur le flanc nord-est du Descabezado-Grande, à peu près à 2.500 mètres d'altitude, sur le chemin qui conduit directement de Meneses au Portezuelo de Cerro-Azul. L'analyse d'un mélange fait sur une partie considérable de cette roche a donné pour sa composition :

Silice	62,86
Alumine et une petite proportion d'oxyde de fer	25,05
Chaux	3,35
Magnésie	1,40
Soude	4,06
Potasse	0,55
Perte au feu	1,50
	98,77

5° *Trachytes à olivine.* — Ces trachytes entrent aussi

dans la composition du cône volcanique du Descabezado Grande, et ont une tendance à se diviser par plaques comme les phonolithes d'Auvergne, auxquels ils ressemblent aussi par leurs couleurs. Leur masse est d'un gris un peu foncé et de structure plutôt grenue que compacte; leur cassure est inégale et sans éclat; l'olivine s'y trouve disséminée en petites particules amorphes, d'un jaune olivâtre, cristallines, douées d'un vif éclat vitreux.

La roche de cette espèce que j'ai recueillie au Descabezado est en grande partie attaquable par les acides, principalement par l'acide chlorhydrique fort et bouillant, mais elle n'est pas hydratée; elle laisse dans l'acide 75,4 p. 100 de matière inattaquable, et renferme environ 8 p. 100 de silice soluble dans une dissolution de potasse. La partie dissoute dans l'acide contient tout le fer et la magnésie qui appartiennent à l'olivine; la roche ne perd au feu que 0,0035 de son poids.

Ces trachytes à olivine sont surtout très-abondants dans les terrains volcaniques du midi du Chili et aux îles de Juan-Fernandez et de Mas-Afuera.

6° *Trachytes bréchoïdes à fragments, veines et noyaux d'obsidienne noire.* — Ces roches se trouvent surtout très-développées dans la partie nord-est du *massif*, et au delà du Descabezado-Chico, jusqu'à la ligne de la séparation des eaux dans les Andes, du côté de la Puerta.

La pâte de ces trachytes est grise, poreuse; au milieu d'elle on voit disséminée et très-irrégulièrement répartie une matière feldspathique plus claire, blanchâtre, sans éclat, poreuse, passant à terreuse. Cette matière enduit aussi l'intérieur des vides arrondis ou elliptiques, au milieu de la roche, et leurs petites masses affectent parfois des formes propres aux roches amygdaloïdes. Au milieu de la masse, très-hétérogène, de la roche, on voit briller l'obsidienne noire, vitreuse, compacte, qui s'y trouve empâtée

tantôt en fragments angulaires tout à fait irréguliers, tantô en noyaux et veines lenticulaires, tantôt enfin, en veines minces qui s'allongent les unes parallèlement aux autres, et adhèrent fortement à la masse.

Cette obsidienne, qui dans la roche récemment concassée est éclatante, très-compacte et d'un beau noir de velours, se ternit par le contact prolongé de l'air, et subit des modifications remarquables, même dans l'intérieur de la roche. Dans sa métamorphose, en perdant graduellement son éclat, elle devient en même temps de plus en plus grisâtre et sa structure change complétement : elle finit par devenir d'un gris presque aussi clair que la pâte qui l'englobe, ne conservant plus la moindre trace de son éclat primitif; sa cassure devient en même temps plane, grenue, passant quelquefois à terreuse. La roche, dans ce cas, est tellement méconnaissable qu'il serait difficile de deviner sa nature si on ne l'étudiait et si on ne la suivait pas, en place, dans ses modifications graduelles. Les noyaux, les fragments et les petites veines d'obsidienne conservent cependant toujours leurs formes; on reconnaît facilement leurs plans de séparation d'avec la masse, et l'on observe quelquefois dans leur structure métamorphosée quelques traces de la structure faiblement porphyroïde qui existe dans l'obsidienne vitreuse.

Je n'ai pas fait d'analyse de l'obsidienne noire, prise dans son état primitif, vitreux, ni de la matière lithoïde gris, terne, qui n'est qu'une modification moléculaire de l'autre; seulement j'ai constaté que tandis que l'obsidienne noire, douée de tout son éclat vitreux, est parfaitement anhydre, la matière lithoïde grise, qui lui doit son origine, perd au feu 1.2 à 1.5 de son poids.

Les roches qui suivent peuvent être considérées comme subordonnées aux précédentes, et en général très-modernes ou de l'époque actuelle.

7° *Masses d'obsidienne formant des coulées considérables,*

superposées aux trachytes, — Les plus anciennes de ces roches sont noires, sans éclat, ou présentent un éclat très-faible dans la cassure; elles sont ordinairement compactes, à cassure plane ou conchoïde, large, imparfaite, homogènes dans leur structure, laquelle cependant, sur des cassures qui ont subi l'effet du temps et des agents atmosphériques, présente des dessins et des reliefs rubanés, concentriques.

On ne trouve pas sur le *massif* des deux Descabezados de ces obsidiennes noires en masses, ayant conservé leur éclat vitreux ; mais il existe du côté du Descabezado-Chico, sur la côte de las Animas, des coulées immenses d'obsidienne vitreuse, d'un gris clair, porphyroïde, peu homogène, à cassure inégale, parfois d'une structure poreuse, passant insensiblement à des masses non moins considérables de ponces tout à fait pareilles à celles du Descabezado-Grande.

On rencontre aussi sur les pentes orientales de ce dernier quelques morceaux de perlite noire ou d'obsidienne, dont la structure est à gros grains irréguliers, doués d'un éclat résineux.

8° *Trachytes poreux*, *cellulaires*, qui forment des nappes superficielles, renferment souvent du feldspath vitreux, disseminés en petite proportion, et passent souvent aux véritables laves, semblables à celles que les volcans actifs des Andes, particulièrement celui d'Antuco, rejettent actuellement.

9° Parmi ces *laves* j'ai essayé de reconnaître la composition de certaines variétés de roches porphyroïdes dont j'ai pu séparer, pour l'analyse, le feldspath, disséminé en cristaux moins petits et moins adhérents à la masse que celui des trachytes les plus ordinaires et les plus abondants de ces montagnes. Ce feldspath des laves, blanc, vitreux et fissuré, m'a donné pour sa composition :

Silice	0,553
Alumine	0,265
Soude	0,067
Chaux	0,062
Magnésie	0,006
Oxyde de fer	0,043
	0,996

Cette composition se rapproche de celle de l'andésite de Pisoje, des environs de Popayan, analysé par Francis (*Minéralogie de Nicol*, 1840).

On peut dire que presque toutes les variétés des laves modernes des volcans des Andes et de leurs lapilli, qui ne sont que de toutes petites scories légères, renferment de l'olivine et du feldspath possédant le même éclat vitreux et la même cassure fissurée que celui dont je viens de citer la composition; mais jamais je n'ai rencontré dans ces roches de l'amphibole, du pyroxène, de l'amphigène ni aucune espèce de zéolithe.

Description de la solfatare de Cerro-Azul. — Je passe maintenant à la description de la solfatare de Cerro-Azul, qui est pour ainsi dire le sujet principal de ce mémoire, et qui se trouve, comme j'ai déjà dit, dans la dépression que forment entre elles deux montagnes volcaniques : le Descabezado-Grande et le Cerro-Azul.

C'est par la gorge même, entre les deux montagnes, que passait, il y a vingt-sept ans, un chemin assez commode, par lequel les habitants de la province de Talca conduisaient leurs troupeaux de l'autre côté des Cordillères, où se trouvent des vallées couvertes de riches pâturages. Cet étroit passage servait de communication entre les deux républiques voisines et on le nommait Portezuelo de San Juan, ou Portezuelo del Viento, à cause des vents extrêmement forts qui règnent dans cet endroit. Le chemin était d'une pente modérée, couvert de sable, et descendait à l'est dans les

prairies nommées las Vegas de San Juan, qui forment la partie basse de la vallée de los Jirones (Invernada de los Jirones).

D'après un récit assez exact du journal *Alfa*, rédigé à Talca, chef-lieu de la province du même nom, et ville située à une cinquantaine de lieues en ligne droite de Descabezado et de Cerro-Azul, « le 26 novembre de 1847, il pleuvait « à verse depuis le matin, et l'on entendait des bruits res- « semblant aux coups de tonnerre dans les Cordillères. « Plus tard, vers les 4 à 5 heures après midi, on entendit « un bruit plus fort, extraordinaire, un fracas qui s'étendait « sur toute la *plaine intermédiaire*, jusqu'à plus de 60 kilo- « mètres de l'endroit d'où il venait. Les habitants de « Cumpeo, qui vivent au pied des Andes, à peu près à « 35 kilomètres de Descabezado-Grande, et ceux de la vallée « du rio Colorado, affirment qu'il n'y eut pas de tremblement « de terre, et on n'en a pas senti la moindre secousse dans « toute la province; mais tout le monde s'accorde à dire « qu'au moment où ce grand bruit extraordinaire, ressem- « blant à une détonation, se fit entendre, toute la mon- « tagne du Cerro-Azul, du côté du nord, apparut en feu, « et l'on voyait dans les nuages le reflet d'un immense « incendie. En même temps on sentit à Talca l'odeur *du* « *soufre brûlé*, et la même odeur, selon l'assertion des ha- « bitants de la plaine *intermédiaire*, se propageait à plus de « 100 kilomètres de distance, dans la direction du vent sud « qui soufflait. Il continua à pleuvoir pendant la nuit, et « de temps en temps, on apercevait de la plaine de Talca « de grands éclairs dans la cordillère de Descabezado. » Les montagnards qui habitent la partie haute de la vallée de rio Colorado, assurent que « les deux montagnes étaient en feu ». Un homme, gardien des troupeaux, que cette nuit avait surpris dans la vallée de los Leones, à une douzaine de kilomètres au nord-est de Cerro-Azul, me disait que « non-seulement cette montagne, mais le Desca-

bezado et les cordillères qui les entourent, *mugissaient* (bramaban) horriblement, lançaient des coups de tonnerre et produisaient des fracas épouvantables qui paraissaient provenir du brisement des rochers et des chocs de leurs fragments les uns contre les autres; l'air était infect, difficile à respirer, sentait le soufre brûlé. »

Le jour suivant il pleuvait encore; des bruits pareils à ceux de la veille, quoique moins forts, arrivaient à Talca, et l'air était encore d'une odeur désagréable. On prétend même que le vent apportait des cendres de la cordillère. Ce ne fut que le troisième jour que, pour me servir de l'expression des gens de la campagne, « le volcan commença à se dompter et à se taire » ; car depuis la veille on était sûr qu'un *nouveau volcan* s'était ouvert dans les Andes.

Quinze jours après, deux *vaqueros* (gardiens des troupeaux) de la hacienda de Cumpea, voulant passer par l'ancien chemin du Portezuelo del Viento, pour voir leurs vaches, qu'ils avaient laissées dans les prairies de las Vegas de San Juan, trouvèrent le passage complétement obstrué par des monceaux d'énormes blocs et pierres qui exhalaient des fumées épaisses, et au milieudesquels on apercevait des flammes. Les deux vaqueros furent obligés de rebrousser chemin et de faire un long détour pour passer le *massif* au nord du Descabezado, par un endroit nommé los Rajos, et de là descendirent dans la vallée de los Jirones. En y arrivant, ils furent surpris d'apercevoir de loin, jusque dans les Vegas de San Juan, les mêmes monceaux de décombres et de rochers brisés, répandant des nuages de fumée et quelques lueurs de flammes, qu'ils avaient vus à l'ancien passage du Portezuelo del Viento. L'air dans toute la vallée était infect; les animaux s'étaient réfugiés dans le haut des ravins, du côté du Descabezado-Chico; la végétation était détruite, et l'on voyait bien, disaient les deux montagnards, que « c'était une grande mine de soufre qui avait pris feu et brisé la montagne ».

Trois mois plus tard, je partis pour le Descabezado, dans le but de voir et d'examiner de près le prétendu «volcan de Cerro-Azul». Le chemin que j'ai suivi dans ce voyage passe par la vallée du rio Colorado, ombragée par de belles forêts vierges jusqu'à la hauteur d'environ 1.500 mètres au-dessus du niveau de la mer, où se trouve la limite de ces forêts. De là je pris le chemin de la côte de las Animas (cuesta de las Animas 2.185 mètres) et de celle de las Cruces (2.570 mètres), pour descendre dans la vallée du lac de Mondaca, où prend son origine le rio Lontué. Au bord de ce lac et du pied d'une montagne granitique, sortent les sources minérales de Mondaca, et du côté du nord commencent des rangées de trachytes colonnaires. En remontant par cette vallée, toute formée de roches trachytiques, parmi lesquelles se trouvent très-développés les *trachytes bréchoïdes à fragments d'obsidienne*, on arrive à la ligne de séparation des eaux dans les Andes, au *passage* nommé la Puerta (2.496 mètres), où l'on rencontre des dépôts considérables de gypse. De cet endroit, tournant au sud-ouest, je descendis par la pente occidentale du Cerro-del-Medio, qui est une montagne volcanique située en face du Descabezado-Chico, dans la profonde vallée de los Jirones, qui limite de ce côté le grand *massif* des deux Descabezados. Dans ce trajet, j'ai eu l'occasion d'observer les contours de l'extrémité nord-est du *massif* et des montagnes qui l'environnent.

Arrivé à la Invernada de los Jirones, je repartis le lendemain (le 30 de janvier), à la pointe du jour, et vers cinq heures du matin je me trouvais déjà dans les Vegas de San Juan, au pied de la solfatare et à son extrémité orientale, à 1.642 mètres au-dessus de la mer.

En m'approchant de cet endroit, lorsque je n'étais qu'à une centaine de mètres de la solfatare, je croyais voir devant moi un grand retranchement, ouvrage de fortification bien régulier, de plus de 80 mètres de hauteur, à pentes

de 30 à 40 degrés d'inclinaison, coupé en haut par une espèce d'esplanade qui s'élevait visiblement du côté de l'ouest, et dont les bords et les arêtes supérieures étaient garnis de quelques rochers pointus, prismatiques, en forme de tourelles. Les pentes étaient d'un gris cendré, et les tourelles jaspées de diverses nuances de couleurs jaunes, rouges, verdâtres et noires. Derrière les arêtes les plus saillantes, comme aussi autour de plusieurs de ces tourelles, et sur toute l'étendue de l'esplanade, on voyait s'élever des bouffées de vapeurs, des nuages de fumée, et de temps en temps s'élancaient et tourbillonnaient dans l'air des cônes de vapeur plus élevés, accompagnés de bruits, de petites explosions qui projetaient du sable et des fragments de pierres.

Après quelques tentatives infructueuses pour aborder la solfatare du côté de son extrémité orientale, mes guides trouvèrent un accès moins difficile, davantage à l'ouest, près d'un petit lac que les eaux d'un ruisseau, retenues par l'éruption de la solfatare, venaient de former.

Dès que je commençai à gravir les pentes de la solfatare et que je pénétrai dans un ravin qui donnait issue aux eaux de ce côté, je m'aperçus que la solfatare n'était qu'un immense monceau de rochers récemment fracturés et de blocs de toute grandeur, fendus en tous sens, accumulés les uns sur les autres, et laissant entre eux des vides, dont la plupart étaient déjà remplis de matières désagrégées; d'autres, entr'ouverts, dégageaient en abondance de la vapeur d'eau, chargée d'acide sulfureux et d'acide chlorhydrique.

Arrivé en haut, au bord de ce qui m'avait paru, en regardant à une certaine distance de la solfatare, comme une esplanade, je ne vis que des amas tout à fait irréguliers de ces mêmes blocs trachytiques qui formaient les flancs; au milieu de ces blocs et du fond des cavités qui les séparaient, on voyait sur un grand espace, sur toute la largeur

de la solfatare, d'une montagne à l'autre, des dégagements de vapeurs et des éruptions de cônes plus élevés qui remplissaient l'air d'une odeur insupportable d'acide sulfureux.

Plusieurs de ces blocs de rochers avaient plus de 200 mètres cubes de volume, et conservaient leurs plans de fracture intacts, leurs arêtes non émoussées; quelques-uns présentaient même sur leurs flancs des stries qui témoignaient des effets de frottement que ces blocs avaient dû subir dans leur soulèvement. La plupart cependant des pierres et de ces rochers brisées avaient été déjà entamés par l'action du feu et des vapeurs d'eau acide. On en voyait qui étaient complétement désagrégés, tombant en petits fragments et en poussière; d'autres, fissurés par des fentes à surfaces courbes, serrées ou à peine ent'rouvertes, portaient sur leurs bords des matières frittées ou excoriées; d'autres enfin, et c'étaient des blocs de certains trachytes porphyroïdes transformés presque complétement en masses terreuses, étaient couverts superficiellement d'un enduit blanc jaunâtre ou diversement coloré. Les blocs qui résistaient le mieux étaient ordinairement ceux qui se composaient de masses d'obsidienne noire, presque sans éclat, compactes et faiblement porphyriques. Les rochers saillants qui, de loin, paraissaient comme des tourelles étaient de gros blocs prismatiques autour desquels les vapeurs sortaient de l'intérieur des vides, et qui, par l'action de ces vapeurs, s'arrondissaient en place, leurs débris se détachant par plaques ou à l'état de poussière.

En général, les points sur lesquels la force intérieure de la solfatare paraissait se porter de préférence étaient très-inégalement distribués. Tantôt on voyait les plus fortes projections et les fumerolles apparaître en plus grande abondance sur les bords, et les arêtes les plus saillantes des monceaux, des deux côtés de la solfatare; tantôt il se produisait dans les parties basses et au fond de cavités depuis longtemps bouchées et remplies de décombres, des

projections plus violentes de vapeurs, accompagnées de bruits analogues à ceux que produisent les grandes chaudières à vapeur au moment de l'ouverture de leurs valves. Dans ces cas on voyait presque toujours quelques grosses pierres ou des sables et poussières lancés en l'air et tombant à de grandes distances, même en dehors de la solfatare.

Il y avait des endroits où de l'intérieur des vides que laissaient entre eux les blocs les plus volumineux, sortait parfois la flamme provenant de la combustion du soufre, et où mes guides allumaient leurs cigares. Presque toutes les fois que le vent commençait à souffler avec plus de violence, les principaux foyers de dégagement des gaz et des vapeurs se ranimaient aussi avec beaucoup de force, principalement ceux qui se trouvaient sur les bords et sur les parties les plus saillantes de la solfatare.

Nulle part je n'ai trouvé de matières fondues, ni de ponce, ni de ces lapilli de scories menues que les volcans actifs du Chili lancent dans leurs éruptions. Quant à la sublimation du soufre, on n'en voyait qu'à peine quelques traces dans les fissures étroites de quelques blocs refroidis.

Je ne me suis pas arrêté longtemps dans cette branche orientale de la solfatare, qui couvre une bonne partie des anciennes prairies de San Juan, et sans perdre de temps, j'ai tâché de m'engager dans la région plus élevée où cette même solfatare pénètre dans le col qui sépare le Cerro-Azul des Descabezados.

Après avoir fait 50 mètres d'une marche de plus en plus pénible, je vis la solfatare s'élever brusquement sur toute sa largeur, formant un gradin d'environ 20 à 30 mètres de hauteur. A 200 ou 300 mètres plus loin, en marchant vers l'ouest, sur une pente plus douce, je constatai que tout le monceau qui composait la solfatare formait un second gradin pareil au précédent, et ces gradins se répétaient tous les 2 à 300 mètres, que la pente générale du fond de la vallée envahie par la solfatare devenait de plus en plus rapide.

Dans tout ce trajet, il fallait que j'évitasse de marcher sur les parties molles, désagrégées, où le pied s'enfonçait jusqu'au genou dans des sables brûlants ; il fallait chercher passage sur des blocs et des pierres refroidis ou plus ou moins dégarnis de fumerolles; mais je ne voyais rien de nouveau et aucun changement dans l'aspect des phénomènes, ni dans la configuration de la solfatare, ni dans la force de son activité, ni dans l'abondance ou l'intensité des fumerolles et des projections de cônes de vapeur, qui paraissaient se porter de préférence vers les bords de la solfatare et vers les bords des gradins ou échelons qui la traversaient. Les bas-fonds et les enfoncements les plus considérables du terrain, au milieu de ces décombres, se montraient surtout dans la partie du milieu, et paraissaient indiquer les endroits où une grande partie de cet échafaudage de rochers soulevés s'était déjà écroulée dans l'abîme de la crevasse.

Il était midi, le soleil brûlait; le vent de l'ouest, qui ordinairement arrive à cette heure au maximum de sa force dans les Cordillères, paraissait redoubler ce jour là de violence, rallumait de temps en temps sur plusieurs points de nouvelles fumerolles, et portait des masses de vapeurs acides du côté d'où je venais. Mes guides m'avaient déjà abandonné, ne pouvant pas supporter la soif et le mal que leur occasionnait, comme ils disaient, le *soufre brûlant de l'enfer*.

Je me trouvais encore à plus de 2 kilomètres de distance de la partie la plus étroite de la gorge (Portezuelo de San Juan), entre les deux montagnes, où je comptais voir le centre de la partie la plus élevée de la solfatare. Après quelques efforts inutiles pour y pénétrer, je fus obligé de commencer à descendre, remettant au lendemain le projet de visiter cette partie centrale par un autre chemin, qu'on m'avait assuré exister du côté de Descabezado.

Dans ma descente, ne pouvant avancer qu'avec la plus

grande lenteur, et obligé de m'arrêter à tout instant, à cause de la fatigue, de la chaleur et de l'air chargé d'acide sulfureux, qui gênait la respiration, j'ai eu le temps de porter mon attention sur la configuration générale de la solfatare.

Je voyais qu'indépendamment de son élévation par gradins, les amas des plus gros blocs et leurs décombres étaient, quoique très-irrégulièrement, allongés dans la direction de la solfatare, et laissaient entre eux des rangées de cavités ou des ravins, qui s'alignaient aussi dans la même direction. Les plus larges de ces ravins, quoique entravés par des tas de rochers amoncelés les uns sur les autres, occupaient visiblement la ligne centrale, et l'on distinguait, au milieu de la grande confusion des décombres, cinq ou six autres ravins, séparés par autant de rangées de blocs saillants, formés de cavités moins profondes que celles du milieu, et qui se prolongnaient aussi parallèlement les uns aux autres, de manière que je pourrais représenter la configuration générale de la solfatare, quoique très-imparfaitement, par les deux *fig.* 3 et 4 (Pl. IV), la première donnant la coupe transversale, et la seconde la coupe longitudinale de la partie que je viens de décrire.

Ce ne fut qu'à la nuit tombante que je pus arriver au pied de la solfatare, au bord du petit lac ci-devant mentionné, où l'un de mes guides s'était arrêté pour m'attendre, et allait déjà partir, me croyant perdu.

La neige qui, pendant la nuit, tomba en abondance sur toute la vallée de los Jirones, et qui couvrit les montagnes environnantes, ne me permit que trois jours plus tard de remonter par le plateau de Meneses, au pied du Descabezado, d'où j'ai pu descendre dans le Portezuelo de San Juan, et y voir la partie de la solfatare située en face du Cerro-Azul.

Avant d'y arriver, je me suis arrêté (vers les 10 heures 30 minutes du matin) sur la pente méridionale du Desca-

bezado-Grande, à l'endroit où un glacier descend du sommet de cette montagne. A la limite inférieure de ce glacier, qui présentait une masse d'environ 3 à 4 mètres de puissance, d'un vert pâle, translucide, traversé par quelques lits minces blanchâtres, j'ai fait mes observations barométriques : mon baromètre (construction Bunten) marquait à cette limite 545^{mm},9, le thermomètre du baromètre + 12,8 ; température de l'air + 9°,5 ; ce qui, rapporté aux observations faites à la même heure à Santiago, dont l'altitude est connue, m'a donné pour la limite des glaciers qui descendent de ce côté, 3.453 mètres au-dessus du niveau de la mer.

A partir de ce point, jusqu'à plus de 1.000 mètres plus bas, des nappes des neiges récemment tombées se conservaient encore sur le plateau Meneses et sur les montagnes environnantes, toute la pente méridionale du Descabezado-Grande jusqu'au pied de la solfatare, était complétement découverte ; on n'y voyait pas de traces des neiges, qui s'étaient déjà fondues par la chaleur que dégageaient les masses de vapeurs d'eau et de gaz de la solfatare.

Voici maintenant l'aspect que présentait de ce côté la solfatare. A quelques centaines de mètres au-dessous du sommet du Cerro-Azul, et sur son dos septentrional, on voyait une protubérance de couleur noire, bigarrée de diverses nuances de blanc, de vert et de rouge, ne dégageant pas de vapeurs, formée d'un monceau de pierres, et ressemblant, quant à la forme, à un tas de déblais des mines qu'on exploite sur les pentes escarpées des Cordillères. A 2 ou 300 mètres plus bas, on apercevait une seconde protubérance pareille à la première, mais qui dégageait parfois des fumées, et ces fumées se dissipaient par flocons. On y croyait voir les décombres d'un incendie mal éteint, ou un énorme tas de minerais pyriteux en grillage.

Ces deux protubérances étaient unies par une crête noirâtre, hérissée de rochers fracturés, qui semblait signaler les traces d'une crevasse produite dans la direction de la ligne de plus grande pente de Cerro-Azul.

A partir de la seconde protubérance, la solfatare s'élargit, prend tout à fait la configuration et le caractère de sa branche orientale, et finit par envahir toute l'étendue de l'ancien passage du Portezuelo del Viento. De là elle descend moins rapidement que sur la pente de Cerro-Azul, dans deux sens opposés : à l'est, vers les prairies de San Juan, où nous venons de la voir en pleine activité, et à l'ouest, du côté du lac de Blanquillo.

Sur tout cet espace, qui embrasse en longueur 7 à 8 kilomètres, d'une extrémité à l'autre, on ne voyait que des fumerolles, quelques jets de vapeurs un peu plus forts, et de temps en temps quelques explosions accompagnées de bruits et de projection de sables et de pierres. Dans l'intervalle de 3 à 4 heures que j'ai passé à observer cette partie de la solfatare, une explosion plus violente, produite non loin de son bord, et qui lança en l'air un cône de vapeur de plus de 20 mètres de hauteur, projeta un fragment de rocher, de 2 à 3 kilogrammes de poids, à une vingtaine de mètres de distance du pied de la solfatare. On rencontrait aussi sur les pentes du Descabezado, à plus de 50 à 60 mètres de la solfatare, des pierres de même nature, avec des parties frittées ou scorifiées à leur surface, et pesant plus de 50 à 60 kilogrammes, rejetées par la solfatare.

Du reste, on n'apercevait nulle part, sur tout le champ d'activité, de foyers de concentration de la force, ni d'ouvertures cratériformes. Les fumerolles se montraient sur une infinité de points, irrégulièrement distribuées et changeant d'endroits. La hauteur même et la configuration des monceaux étaient à peu près les mêmes dans cette partie de la solfatare, la plus rapprochée de son origine et la plus éle-

vée, que sur son extrémité la plus basse, du côté de las Vegas de San Juan et dans sa branche occidentale, du côté de Blanquillo.

J'ai réussi à voir cette dernière partie de la solfatare et à arriver à son extrémité le même jour, à la nuit tombante, sans noter rien de nouveau que je puisse ajouter à mes observations précédentes.

Voici maintenant le *résumé* de ce que j'ai recueilli, dans ce voyage, sur la nature de la solfatare :

Elle s'est ouverte dans une gorge profonde entre deux montagnes volcaniques et à la limite méridionale du massif des deux Descabezados ; elle prit son origine à une hauteur d'environ 3.000 mètres au-dessus du niveau de la mer, sur le dos de Cerro-Azul, et descendit par une déchirure de la croûte trachytique, jusqu'au passage Portezuelo del Viento, situé a 2.700 mètres d'altitude ; de là on la voit descendre dans deux directions opposées : du côté de l'est, à 1.650 mètres, et du côté de l'ouest, à peu près à 2.000 mètres d'altitude. Sa longueur a environ deux lieues (8 à 9 kilomètres) d'une extrémité à l'autre, et dans toute son étendue la solfatare se compose d'énormes blocs trachytiques fracturés, soulevés et entassés les uns sur les autres, formant des monceaux qui ont 80 à 100 mètres de hauteur au-dessus du sol. Du milieu de ces monceaux on voit sortir, sur toute la longueur de la solfatare, d'innombrables fumerolles et, de temps en temps, des cônes plus élevés de vapeur, accompagnés de bruits et de projections de pierre : mais on n'y trouve pas de matières fondues ni de projections de lapilli, de ponces, ou de cendres volcaniques que les volcans actifs du Chili rejettent dans leurs éruptions. Tout annonce que la solfatare s'est ouverte d'un seul coup, sur une crevasse longitudinale formée dans la croûte trachytique du massif, et produite par le dégagement violent du gaz de la combustion du soufre et de la vapeur d'eau.

Je n'ai pas analysé les gaz qui sortaient de la solfatare et

dont la composition devait être très-variable. Il y avait des endroits où se produisait de l'acide sulfureux presque pur : sur d'autres points, c'était de la vapeur d'eau chargée en abondance d'acide chlorhydrique. L'air atmosphérique, pénétrant dans l'intérieur des vides que laissaient entre eux les gros blocs amoncelés, devait nécessairement changer les proportions des éléments entrant dans la composition des produits gazeux de la solfatare.

J'ai seulement emporté quelques échantillons de roches et de produits solides qui avaient de préférence attiré mon attention et que j'ai analysés à mon retour à Santiago.

(*a*) Parmi ces produits, j'ai d'abord examiné la partie la plus désagrégée, celle qui tombe en poussière et bouche les interstices. Cette poussière est d'un gris plus ou moins clair, fusible au rouge clair en une matière blanchâtre, opaque ; digérée dans de l'acide nitrique faible, à froid, dans un matras bouché, elle donne 0,001 de chlore, et l'on n'y trouve pas de traces d'acide sulfurique ; elle laisse environ 4 p. 100 de son poids de bases solubles dans l'acide muriatique fort et bouillant, et renferme 3 à 6 p. 100 de silice soluble dans une dissolution potassique. Je la trouve composée de :

Silice	68,34
Alumine	14,24
Oxyde de fer	4,25
Chaux	1,30
Magnésie	0,40
Soude	6,60
Potasse	1,80
Perte au feu	1,00
	97,93

(*b*) La matière terreuse blanche qui couvre la plupart des blocs et des pierres le plus exposées à l'action corrosive des fumerolles est de l'alumine hydratée,

mélangée d'hydrate de fer. Elle est soluble dans l'acide nitrique faible et à froid ; la dissolution ne donne qu'un faible précipité par le nitrate d'argent, n'est pas troublée par un sel de baryte, et donne un abondant précipité par l'ammoniaque. Je la trouve composée de :

Alumine	59,7
Oxyde de fer	5,3
Silice soluble	1,2
Eau	23,0
Chlore	0,5
Matière inattaquable	9,0
	98,7

L'oxyde de fer s'y trouve inégalement réparti, changeant de proportion et à divers degrés d'oxydation ; ce qui donne aux roches les plus exposées à l'action des vapeurs d'eau acides des colorations très-variées.

(c) J'ai aussi soumis à l'analyse la partie intérieure d'une pierre trachytique qui était couverte de matière blanche hydratée (*b*), et dont le centre ayant changé de caractère, était devenue plus poreuse en passant à la structure terreuse. Les cristaux feldsphatiques disséminés conservaient encore cependant une partie de leur éclat vitreux. La masse était endurcie, brunâtre, et contenait quelques particules cuivreuses qui donnaient des étincelles au marteau, comme font plusieurs variétés des roches trachytiques de ces montagnes. Je trouve pour la composition moyenne, tirée de mélanges opérés sur des quantités considérables de masses intérieures de ces pierres, à peu près les mêmes éléments et en même proportion que ceux qui existent dans les trachytes encore *crus* de la même solfatare. Seulement la proportion des bases alcalines, dans ceux qui avaient été entamés par le feu et l'action des vapeurs, diminue en même temps que la proportion de l'eau augmente insensiblement. Ainsi l'analyse d'un échantillon de cette espèce m'a donné :

Silice.	68,25
Alumine.	17,80
Oxyde de fer.	4,93
Chaux.	2,85
Magnésie.	0,40
Soude (et trace de potasse).	2,55
Perte au feu.	1 à 2 p. 100.

On rencontre en même temps, dans ces trachytes à moitié décomposés, presque toujours quelques traces de chlore, et jamais de matières sulfatées.

Quant aux variétés de trachytes qui composent la majeure partie des plus gros blocs de la solfatare et qui s'y trouvent en plus grande abondance, elles appartiennent en général aux espèces (2) et (3) (pages 11 et 12) ou en diffèrent d'une manière peu notable.

Mon second voyage à la solfatare, en 1857. — L'avantage d'avoir vu la solfatare de Cerro-Azul presque au début de son activité, et le vif intérêt que m'a inspiré son étude, m'ont donné naturellement le désir de la revoir plus tard, pour observer les phases par lesquelles elle devait passer dans son développement.

La distance qui la sépare du lieu de ma résidence à Santiago, les difficultés de voyage et mes occupations, ne me permirent de faire une seconde excursion au Descabezado que vers la fin du mois de février 1857.

Pour abréger le chemin, je partis cette fois de la hacienda de las Mariposas, située au pied des Andes, et je me rendis directement au Blanquillo, pour commencer l'inspection de la solfatare par l'endroit où j'avais terminé son étude dans mon premier voyage. Je comptais pouvoir reprendre ensuite le chemin de la pente méridionale des Descabezados et redescendre par le plateau de Meneses dans la vallée de los Jirones.

Malheureusement les neiges, qui tombèrent en grande

abondance dans ces cordillères, le jour même où j'arrivai au lac de Blanquillo, m'arrêtèrent au bord de ce lac, où je trouvai des pâturages pour mes chevaux et des gardiens de troupeaux. Ces hommes, qui passent ordinairement l'été dans les montagnes, m'assuraient que depuis trois ans le *volcan* (la solfatare) était *muet*, ne produisait plus de bruits et ne lançait plus de bouffées de vapeur, mais qu'il dégageait encore des fumées et qu'il se couvrait de nuages toutes les fois que le vent devenait très-fort et orageux. Les mêmes gardiens de troupeaux m'avertirent que le chemin de la pente méridionale du Descabezado était impraticable.

Après deux jours d'attente, j'ai réussi à pénétrer dans les défilés qui s'interposent entre le Cerro-Azul et le Descabezado, et à atteindre une certaine hauteur sur la pente de ce dernier, d'où j'ai pu à loisir promener mes regards sur la partie centrale de la solfatare et sur sa branche occidentale, du côté de Blanquillo.

La solfatare conservait sa figure, sa grandeur et n'a pas avancé du côté de l'ouest, comme prétendaient quelques-uns des montagnards que je rencontrai dans ce voyage et qui disaient que le *volcan continuait à couver le feu dessous la terre et à déchirer le sol.* Les deux protubérances du Cerro-Azul (page 35) et la partie de la solfatare qui les unissait à celle d'en bas, du Portezuelo del Viento, étaient complétement découvertes, et l'on n'y voyait pas la moindre trace de dégagement de vapeurs. Tout le reste des monceaux était encore noyé dans les vapeurs et fumées des fumerolles, et l'on voyait planer au-dessus des nuages qui se dissipaient par moment et se formaient de nouveau. Mais les points saillants des blocs qui, en guise de tourelles, garnissaient en 1847 les bords de la solfatare avaient déjà disparu, et l'on n'apercevait plus de ces jets de vapeur qui dans le temps s'élevaient en forme de cônes : plus de bruits et de projections de pierres. Des

flancs de la solfatare qui conservaient leur couleur gris cendré sortaient quelques bouts de blocs noircis, mais on n'y voyait pas de grandes échancrures ni de crevasses.

Toutes les pentes du Descabezado-Grande, depuis la base de la solfatare jusqu'à la hauteur du glacier dont j'avais déterminé l'altitude dans mon premier voyage, ces mêmes pentes qui dans ce temps-là étaient découvertes et laissaient libre passage au voyageur, se trouvaient actuellement encombrées non-seulement de neiges récemment tombées, mais aussi de glaçons et neiges endurcis, provenant des années antérieures.

Il m'a été impossible de franchir les hauteurs qui me séparaient du plateau Meneses, d'où je me proposais de chercher un passage vers les Vegas de San Juan pour visiter de nouveau l'extrémité orientale de la solfatare. Le temps menaçait d'un nouvel orage et, à mon grand regret, je fus obligé de redescendre au bord du lac de Blanquillo.

J'ai seulement profité de mon séjour dans cet endroit pour reconnaître, dans le voisinage de ce lac et près de la base apparente du Cerro-Azul, l'existence des débris et des ruines d'une ancienne solfatare qui avait dû avoir la même origine et les mêmes caractères que celle dont je venais de voir les restes d'activité.

Cette ancienne solfatare se présente de loin comme une rangée de rochers saillants, très-accidentés et irréguliers dans leurs formes, noircis ou d'un brun foncé, s'allongeant obliquement par rapport à la ligne de la plus grande pente du Cerro-Azul, et s'élargissant au pied de la montagne. En y arrivant, on voit que ce sont des monceaux de blocs et de rochers fracturés, tout à fait de même aspect, arrangés de la même manière, découpés menu par des ravins longitudinaux comme la branche orientale de la nouvelle solfatare; seulement on trouve déjà ces blocs et leurs décombres pour la plupart conglomérés, la masse qui les empâte endurcie, et il y manque de fumerolles. Les plus gros blocs,

dont plusieurs ont plus de 20 à 30 mètres de volume, portent à leur surface des matières frittées ou en partie scorifiées, et sur leurs flancs découverts on voit des fissures courbes, non concentriques, formant entre elles des angles pour ainsi dire sphériques. Ces fissures diffèrent notablement des fentes à surface plane qu'on observe sur les gros blocs roulés au pied des hautes montagnes et provenant des écroulements des rochers.

Nulle part, en parcourant ces débris de l'ancienne solfatare, qui, du reste, a l'apparence d'une solfatare récemment éteinte, je n'ai trouvé de sublimations de soufre ni de traces de dégagements de gaz ou de vapeurs.

Obligé de retourner par le même chemin que j'avais suivi pour arriver au lac de Blanquillo, j'ai remarqué qu'il existe sur la pente occidentale du Descabezado-Grande, et à peu près vers la même hauteur que les deux solfatares de Cerro-Azul, un énorme monceau de conglomérats qui s'allonge parallèlement à la base apparente de la montagne, et qui, selon toute probabilité, a dû son origine à une autre crevasse et à une troisième solfatare, pareille aux autres.

Il n'existe parmi les gens du pays aucune tradition sur l'époque de l'activité de ces deux dernières solfatares, comme il n'en existe point sur les éruptions du Descabezado qui ont produit ces immenses quantités de ponce dont les principaux dépôts, comme j'ai dit, couvrent les pentes septentrionales et le plateau de l'autre côté de ce volcan.

Il me reste à rendre compte de mon dernier voyage que je viens de faire (vers la fin du mois de février de 1873), dans le but de compléter mon étude des solfatares du massif de Descabezado.

Je partis de las Mariposas avec un de mes élèves, M. Gonzales, fils du propriétaire de cette hacienda, qui m'a fourni des guides, des chevaux et tout le nécessaire pour ce voyage. Pour arriver au *massif* et franchir le chaînon qui

unit le Descabezado-Grande avec le Descabezado-Chico, nous prîmes le chemin intermédiaire entre celui que j'avais suivi en 1847 et celui de mon second voyage de 1857. Ce chemin intermédiaire qui coupe la crête dudit chaînon à peu près à moitié de distance entre les deux Descabezados, ne présente plus de danger aux voyageurs, depuis que les gens du pays, ne trouvant pas de passage du côté de Cerro-Azul, ont été obligé de frayer ce chemin pour de nombreux troupeaux d'animaux qu'on conduit aux prairies situées de l'autre côté des Cordillères.

Ce nouveau chemin traverse la haute vallée de Manantial Pelado (2.682 mètres), remonte par celle de los Volcanes et arrive, par des pentes couvertes de neiges et de glaciers, jusqu'au bord occidental et à l'arête la plus saillante de ce côté de massif, à l'endroit qui porte actuellement le nom de Deshechos (à 3.154 mètres d'altitude). De là on descend par des pentes plus douces et pour la plupart dégagées de neiges, dans la partie la plus évasée du plateau Meneses, d'où l'on trouve, comme j'ai déjà indiqué, un passage assez commode dans la vallée de los Jirones.

Par cette dernière nous arrivâmes, sans nous arrêter, jusqu'à las Vegas de San Juan, à l'extrémité orientale de la solfatare. Elle était déjà complétement éteinte, et ne dégageait point de traces de fumées ni de vapeurs; mais elle conservait à peu près complétement la configuration et la hauteur qu'elle possédait à l'époque de sa formation, il y a vingt-six ans. C'était encore, en la regardant à une certaine distance, un solide de forme assez régulière, que représente la *fig.* 5.

Les flancs du monceau avaient les pentes naturelles que pourrait prendre un amas de pierres arrangées avec soin et désagrégées sur place; sa surface d'en haut était aplanie, et les bords conservaient à peine quelques points saillants, restes des anciennes tourelles, transformées en conglomérats.

Je n'avais encore vu cependant que l'extrémité de la solfatare. Pour la voir dans toute son étendue, je fus obligé de revenir sur mes pas, de remonter la vallée de los Jirones et, après un détour de plusieurs lieues, de passer le plateau Meneses, pour chercher les hauteurs situées sur les pentes méridonales du *massif*, qui dominent l'ancien Portezuelo del Viento, envahi par la solfatare.

De ces hauteurs en face de Cerro-Azul, j'ai pu embrasser d'un coup d'œil la majeure partie de l'ancien champ d'activité de la solfatare, jusqu'aux endroits où elle se cache dans les détours des défilés entre les deux montagnes.

Le temps était serein (le 17 de février, à dix heures du matin), le ciel d'un beau bleu d'azur, le vent à peine commençait à renaître ; je pus facilement plonger mes regards jusque dans le fond des cavités et des ravins qui occupent le milieu de la partie la plus large et la plus étendue de la solfatare. Nulle part on ne voyait la moindre trace de dégagement de vapeurs et de fumées. Les deux protubérances sur le Cerro-Azul étaient bien découvertes, et conservaient à peu près leurs anciennes formes. Tout le reste, observé d'en haut, avait l'aspect d'une masse caverneuse, noire ou brunâtre, découpée par des crevasses que les eaux avaient déjà élargies. On distinguait bien dans la configuration ces gradins que j'avais observés dans mon premier voyage, et la descente générale de la solfatare par échelons, dans les deux directions opposées.

Les hommes qui m'accompagnaient, et qui reviennent tous les ans, vers la fin de décembre, pour paître leurs troupeaux dans ces montagnes, m'assuraient que toute la solfatare se trouvait dans cet état depuis quatre à cinq ans, et qu'elle ne donnait plus de *signes de vie*, même dans les temps les plus orageux.

Voilà donc l'histoire la plus complète que je puisse donner de cette solfatare, depuis sa naissance jusqu'à sa totale

extinction. On voit que son activité n'a duré que tout au plus vingt-deux à vingt-trois ans.

Dans le cours des études dont je viens d'indiquer les résultats, j'ai eu l'occasion de reconnaître l'existence des débris de diverses autres solfatares analogues, sur plusieurs points du massif des deux Descabezados.

Ancienne solfatare de Descabezado-Chico, dans la vallée de los Jirones. — Ainsi, en passant deux fois, dans mon dernier voyage, par la vallée de los Jirones, il m'a été facile de reconnaître au fond de cette vallée et dans sa partie supérieure, l'emplacement et les décombres d'une ancienne solfatare qui avait dû avoir des dimensions plus vastes que celle de Cerro-Azul. L'extrémité méridionale de cette ancienne solfatarè se trouve à peu près à une altitude de 1.800 à 1.850 mètres dans ladite vallée, à plus de 8 kilomètres de distance de l'endroit où se termine la nouvelle. J'ai remonté par la même vallée de los Jirones, le long du bord occidental des monceaux de rochers qu'avait soulevés l'ancienne solfatare, jusqu'à la hauteur de 2.300 à 2.350 mètres au-dessus du niveau de la mer, et j'étais encore loin de son origine, qui se trouve du côté du Descabezado-Chico, au pied de son cône volcanique, et vers l'extrémité septentrionale du *massif*. Dans tout ce trajet je ne voyais que des monceaux de blocs et de pierres fracturées, entassés les uns sur les autres et composés des mêmes trachytes et des mêmes matières que la nouvelle solfatare. Sur plusieurs points, ces blocs et fragments de rochers étaient déjà conglomérés et unis par des produits de leurs décompositions; sur d'autres, on les voyait encore à moitié désagrégés ou tombant en poussière. Seulement, les fontes des neiges et les torrents des Cordillères ont déjà découpé les monceaux et formé de petits lacs et des réservoirs d'eau au milieu des décombres. Le principal courant des eaux a creusé son lit du côté de l'ouest, et l'on voit de ce côté

plusieurs amas prismatiques ou irrégulièrement arrondis, de véritables brèches ou conglomérats, à parois verticales ayant 30 à 40 mètres de hauteur. On rencontre aussi en abondance, soit au milieu de ces conglomérats, soit au milieu des monceaux intacts qui conservent leur figure, de gros blocs trachytiques entourés de quelques matières frittées ou imparfaitement scorifiées, accolées à leurs surfaces; et sur les parois-flancs de ces blocs, qui souvent ne sont que des plans de fractures, on voit des fissures courbes, et quelquefois des fentes entr'ouvertes. Dans l'intérieur de ces fentes on remarque quelquefois des traces de l'ancienne action du feu. Mais tout est refroidi; en aucun endroit je n'ai trouvé le moindre indice de dégagement de gaz ni de vapeur, et nulle part de dépôt de soufre.

Parmi les roches qui entrent dans la composition des débris de cette solfatare, je dois citer les trachytes bréchoïdes à fragments, noyaux et veines d'obsidienne noire, qu'on ne rencontre pas dans la partie méridionale du massif de Descabezado et sur le Cerro-Azul, mais qui se trouvent, comme j'ai déjà dit, très-développés du côté du nord et près de la ligne de la séparation des eaux, dans les Andes. On voit de gros fragments de ces trachytes, de plus d'un mètre cube de volume, aux angles et arêtes non émoussés, rejetés par la solfatare à plus de 40 mètres de distance de sa base: ce qui peut donner une idée de l'intensité des actions volcaniques qui se sont exercées dans cette région.

Sur le plan que j'ajoute à ce mémoire est indiquée une cinquième solfatare, située sur le versant nord-ouest du Descabezado-Grande, et dont je n'ai pu voir les débris que de loin, en passant, à mon retour, par le chemin de Deshecho et avant d'arriver au Manantial-Pelado. Je n'ai pas eu le temps de la visiter; mais on voyait clairement que c'était une solfatare complétement éteinte; que les décombres de rochers formaient un monceau de figure tout à fait pareille

à celle des autres solfatares, et que ce monceau s'allongeait parallèlement à la base apparente du massif. Si je dois juger d'après la hauteur à laquelle cette ancienne solfatare se trouve au-dessus de la vallée de Manantial-Pelado, dont l'altitude, au passage par la rivière, est de 2.600 mètres, je pense que cette ancienne solfatare appartient à la même haute région qui a vu naître les solfatares de Cerro-Azul et de Descabezado-Chico.

Si l'on jette maintenant un regard sur le plan où se trouvent réunies les cinq solfatares que je viens de signaler, on voit qu'elles se groupent autour du grand *massif* triangulaire dominé par deux énormes cônes volcaniques à cratères éteints. Ces solfatares (et probablement une sixième qu'on m'assure exister plus au nord, dans des ravins situés vers l'extrémité nord-ouest du Descabezado-Chico, à l'endroit que les gens du pays désignent sous le nom de los Volcanes) se trouvent dans la région comprise entre 1.700 et 2.900 mètres d'altitude; elles ne font maintenant que montrer les traces d'autant de soupiraux ou de crevasses latérales qui, à diverses, époques s'étaient ouverts sur les flancs du massif, et servaient à modérer ou arrêter l'activité des volcans.

Je dois ajouter que des phénomènes semblables à ceux qui ont eu lieu à la naissance et pendant toute l'époque d'activité de la solfatare de Cerro-Azul se reproduisent, quoique à de grands intervalles de temps, sur d'autres points de la chaîne méridionale des Andes. Ainsi il est connu qu'en 1843, aux approches du volcan éteint de San José (lat. 33°40', alt. 6.098^{m}), on entendit à plusieurs lieues de distance des bruits épouvantables qui venaient de cette cordillère; il se forma une crevasse dans la direction du volcan, vers la vallée de Jeso, par où passe le chemin de Mendoza; d'énormes tas de pierres et de rochers brisés furent rejetés et envahirent la vallée. Pendant longtemps ces décombres exhalèrent des fumées et de la va-

peur d'eau, sans qu'il y eût le moindre indice d'éruption et d'activité au cratère du volcan.

Ces phénomènes indiquent l'origine et servent à expliquer la formation des rangées de conglomérats trachytiques qu'on voit souvent former des crêtes allongées et saillantes sur des pentes qui paraissent unies ou peu accidentées des montagnes volcaniques.

II. — SOLFATARES DE LA SECONDE CLASSE.

Ces solfatares ressemblent aux précédentes en ce qu'elles sont aussi *latérales*, c'est-à-dire formées sur les flancs et les pentes des montagnes volcaniques, à plusieurs centaines de mètres au-dessous de leurs cratères, et jamais au sommet des montagnes. Elles ne présentent pas non plus dans leur configuration des formes qu'on pourrait prendre pour des cônes ou cratères parasites, et ne produisent point de ces laves liquides ou de ces lapilli que rejettent les volcans actifs du Chili.

Les principaux caractères qui distinguent ces solfatares des autres sont les suivants :

1° Elles ne forment pas de ces monceaux de décombres et de rochers fracturés qui s'allongent dans certaines directions, comme on en voit dans les solfatares que je viens de décrire.

2° On n'aperçoit dans ces solfatares rien qui annonce des ruptures violentes, des crevasses allongées, produites par le brisement de la croûte. On y remarque plutôt certains effets du ramollissement et du gonflement de la roche, qui se trouve pénétrée de petits trous et de fissures irrégulières par où se dégagent les gâz et les vapeurs.

3° Ces solfatares sont permanentes; leur activité se réduit à des dégagements de gaz et de vapeur lents et conti-

nus; il s'y produit en même temps de l'acide sulfureux, de l'hydrogène sulfuré et de grands dépôts de soufre.

Je n'ai vu et examiné jusqu'à présent que deux de ces solfatares, dont je vais donner la description.

Solfatare de Chillan.

En face de la ville de Chillan, chef-lieu de la province de Nuble, latitude 36° 48', et un peu à l'ouest de la ligne de séparation des eaux, dans les Andes, s'élèvent l'un à côté de l'autre deux cônes volcaniques nommés *Volcan nuevo de Chillan et Nevado* ou *Volcan viejo de Chillan.* Le sommet cratériforme du Nevado atteint la hauteur d'environ 3.000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

De ces deux volcans, le Nevado paraît être éteint depuis des temps immémoriaux, tandis que son voisin, le volcan Nuevo, situé au nord-ouest du Nevado, a produit, le 2 août 1861, des éruptions de laves accompagnées de matières incohérentes et de cendres que le vent emportait à plus de douze lieues de distance (*).

En général, ce groupe volcanique et les montagnes qui l'environnent se composent de roches trachytiques de même espèce que celles du massif des deux Descabezados, et les laves sorties en 1861, les scories et les lapilli que le nouveau volcan avait rejetés et que mon ami le docteur Philippi m'a apportés de son voyage à ce volcan, en 1862, sont en tout identiques à ceux que produit le volcan d'Antuco.

La solfatare que je vais décrire se trouve sur le dos et le versant sud-est du Nevado, c'est-à-dire du côté opposé

(*) Le docteur Philippi a visité ce volcan au mois de mars de 1862, et il l'a vu à cette époque encore en pleine activité (*Annales de la Universidad de Chile*, tome XX, 1862); mais il paraît que, trois à quatre ans plus tard, on n'apercevait plus au même cratère le moindre signe d'éruption.

à celui qui a donné lieu au déversement des laves dans la dernière éruption du volcan nouveau.

En partant de la ville de Chillan on peut faire actuellement un voyage à la solfatare en voiture jusqu'à l'établissement des bains minéraux sulfurés, situé à la limite supérieure des belles forêts et pas loin de la hauteur où commencent les neiges perpétuelles du Cerro-Nevado. Ces eaux, qui exhalent une forte odeur d'hydrogène sulfuré, et marquent au thermomètre centigrade de 57 à 64 degrés de température, sortent du fond d'un ravin nommé Quebrada de los Baños, à 1.900 mètres au-dessus du niveau de la mer. Au delà de l'établissement, le chemin devient fort incommode, et l'on ne peut le faire qu'à cheval. On se dirige d'abord au sud-est, et à peu de distance on arrive à l'endroit nommé los Fondos, où les mêmes eaux, chargées d'hydrogène sulfuré, sortent en ébullition des ouvertures formées au milieu d'un sol fissuré, avec production intermittente de bouffées de vapeur. On entend bouillir l'eau dans l'intérieur des fissures comme dans des chaudières, et dans une des sources qui produit en abondance de l'eau trouble contenant de l'argile délayée et du soufre, le thermomètre accuse la température de 92°,5 centigrades. Le sol, dans plusieurs endroits, même à la surface, est tellement chaud qu'on ne peut pas y tenir la main pendant une minute. Le terrain est trachytique, décomposé, en grande partie transformé en kaolin et en masses argileuses mélangées de soufre. Sur quelques points il sort des fissures de l'acide sulfureux qui se décèle par son odeur; mais le champ d'activité de cette petite solfatare très-limité, ne s'étend qu'à 30 ou 40 mètres en longueur et à peu près autant en largeur. On n'y voit pas de rochers accidentés ou fracturés ni de conglomérats bréchoïdes.

De ce lieu on compte encore quatre heures de très-mauvais chemin pour arriver à la grande solfatare de Chillan, qu'on connaît aussi sous le nom de Cerro de Azufre ou Morro de

Azufre, à cause des grandes quantités de soufre qu'on en retire pour les besoins du commerce et de l'industrie.

Quand on se trouve à peu près à un demi-kilomètre de distance de la solfatare, on voit, du sommet de la dernière côte qu'on traverse pour y arriver, tout le cône de Cerro-Nevado couvert de neige. Vers la limite inférieure de cette neige se découvre une masse noire fermant comme une protubérance irrégulièrement arrondie. Au milieu de cette masse noire on voit un amas de matières jaunes et blanchâtres dont la surface tantôt se voile de fumées et de nuages de vapeurs, tantôt reste presque entièrement découverte.

On y arrive sans difficulté, et l'on reconnaît que la masse noire est de l'obsidienne, qui tantôt n'est que de l'obsidienne noire, homogène, conservant son éclat vitreux, tantôt de la même obsidienne déjà terne, homogène, quelquefois caverneuse, ou rubanée, porphyroïde ou prenant un éclat résineux. Les matières jaunes et blanchâtres occupant le véritable champ d'activité de la solfatare se composent de ces mêmes roches à obsidienne ou trachytiques, complétement désagrégées, kaolinisées, hydratées et en grande partie pénétrées de soufre. On y rencontre des veines de soufre presque pur, et des matières terreuses qui renferment plus de moitié de leur poids de soufre.

La majeure partie de cet amas de matières blanches, jaunâtres, terreuses, et une partie de la masse d'obsidienne qui l'entoure, se trouvent criblées de trous et de fissures, à ouvertures irrégulières, plus ou moins arrondies, qui dégagent de la vapeur d'eau et une forte odeur d'acide sulfureux. Le diamètre des ouvertures ne dépasse pas ordinairement 25 à 30 centimètres, et l'on voit les bords de la gorge de chaque ouverture tapissés de soufre cristallisé en aiguilles et en lamelles très-minces, transparentes, d'un jaune pâle, tellement minces, légères et fragiles, qu'elles tombent en poussière dès qu'on les saisit

et qu'on essaye de les recueillir. La vapeur d'eau et les gaz qui sortent de ces ouvertures se dissipent bientôt dans l'air; leur dégagement est lent, uniforme, sans produire des jets plus ou moins violents. Le marteau, introduit à 1 ou 2 décimètres dans l'intérieur des fissures, se couvre immédiatement d'une rosée acide.

Le champ d'activité actuel de la solfatare a la forme et les contours irréguliers. Les ouvertures qui donnent issue aux gaz et aux vapeurs s'y trouvent très-inégalement réparties et disséminées sur un espace de 100 mètres en différentes directions. Mais certainement la solfatare n'a pas dû garder toujours le même état de tranquillité dans lequel elle se trouve maintenant; car on voit autour d'elle, et à plus de 20 à 30 mètres de distance, à la surface du sol, des pierres isolées d'obsidienne, à fractures planes et arêtes non émoussées, qui probablement ont été rejetées par la solfatare et dont plusieurs portent à leur surface et dans l'intérieur de leurs fissures du soufre sublimé pur.

En examinant la composition très-hétérogène de la partie la plus riche en soufre de la masse qui constitue la solfatare et qu'on exploite actuellement pour soufre, on comprend que les ouvertures et les fissures par où se sont dégagés la vapeur d'eau et le soufre ont dû continuellement changer de place et se sont ouvertes à diverses époques au milieu de la masse décomposée.

Le dépôt principal de ces anciens produits de l'action de la solfatare sur les roches préexistantes se trouve rapproché du bord où commencent les pentes plus rapides du côté du midi, et les escarpements qui descendent dans la vallée de las Aguas-Calientes. Le fond de cette vallée se trouve à plus de 500 mètres au-dessous de la solfatare. Les glaciers qui viennent du versant sud-est de Cerro-Nevado descendent plus bas que l'emplacement actuel de la partie active de la solfatare, tandis qu'au pied de l'escarpement, de l'intérieur d'un gouffre sort un torrent d'eau thermale

qui, à une distance de plus de 300 mètres de son origine, marque encore, dans la vallée de las Aguas-Calientes + 57° centigrades.

Cette vallée sépare, du côté du midi et de l'est, le massif du Nevado des rangées d'escarpements formés de trachytes colonnaires et d'autres qui sont poreux ou cellulaires à division prismatique (*).

Solfatare de Tinguiririca.

Cette solfatare, située à deux degrés de latitude au nord de celle de Chillan, se trouve sur le dos et près de la base apparente du cône volcanique de Tinguiririca, dont le sommet s'élève, d'après M. Pissis, à 4.478 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ce volcan, qui porte aussi le nom de Cerro de Azufre, se trouve depuis un temps immémorial complétement éteint, et le chemin qui conduit à sa solfatare part de San Fernando, chef-lieu de la province de Colchagua. On monte d'abord par la rive gauche de la vallée du rio de Tinguiririca, jusqu'au confluent de cette rivière avec le rio de Azufre, qui prend naissance sur le versant occidental du volcan. On passe ensuite dans la vallée du rio de Azufre, dont la rive gauche est dominée par de beaux escarpements trachytiques, divisés en colonnes de plus de 10 mètres de hauteur, et couronnés par les mêmes roches à divisions sphériques.

Quand on arrive à peu près à la distance de 7 à 8 kilomètres, en ligne droite, du grand cône volcanique du Cerro de Azufre, on voit tout le fond de la vallée parsemé et en partie complétement couvert de ponces. On tourne à droite,

(*) Dans un accident qui m'est survenu sur le chemin de l'établissement des bains à la solfatare, mon baromètre s'est cassé, et les tubes que j'emportais pour recueillir les gaz ont eu le même sort; ce qui m'a empêché de mesurer l'altitude de la solfatare et de déterminer la composition des produits gazeux.

et le chemin monte, par une côte assez escarpée, jusqu'au Potrero de Azufre, une espèce de plateau couvert de pâturages, ayant 1.815 mètres d'altitude. Là on trouve ordinairement des gardiens de troupeaux et un abri assez commode contre les orages, qui déjà au commencement du mois de mars apportent des masses considérables de neige. Après un court relâche dans cet endroit, on arrive sans difficulté après une heure et demie de marche au pas de mule, à la solfatare qu'on connaît dans le pays sous le nom de Mina de Azufre, parce qu'en effet c'est une mine qu'on exploite pour soufre.

Elle se trouve, comme je viens de dire, près de la base apparente du cône volcanique, sur son versant sud-ouest. Le 12 février de 1861, le jour où j'ai visité cette solfatare, accompagné de mon ancien élève le docteur Diaz, mon baromètre, à 9 heures du matin, donna, pour la pression atmosphérique, à l'endroit du foyer principal des dégagements de vapeurs, 519 millimètres, le thermomètre libre + 8° C., le thermomètre du baromètre 5°,5 : ce qui m'a donné (comparant ces observations à celles qu'on avait faites à la même heure, à l'observatoire de Santiago) 2.716 mètres pour l'altitude du lieu.

On voit par conséquent que cette solfatare se trouve à peu près à la même hauteur que les parties les plus élevées des solfatares de Cerro-Azul, du Descabezado-Chico, et probablement de celle de Chillan ; avec cette différence que le volcan de Tinguiririca étant situé dans une partie de la chaîne des Andes, d'un tiers plus élevé que celle de Chillan et de Descabezado, le cratère s'élève aussi de plus d'un tiers au-dessus des sommets de ces deux derniers volcans. La solfatare se trouve à 1.763 mètres au-dessous du sommet, beaucoup plus bas que les autres solfatares, relativement aux cratères des volcans auxquelles elles appartiennent.

Malgré une certaine régularité que présente la surface conique de la montagne quand on la regarde de loin, on

aperçoit qu'à diverses hauteurs au-dessous de son sommet se découvrent, sous les glaciere et sur les pentes dégagées de neiges, des rangées de rochers à divisions prismatiques, et des dykes ou crêtes saillantes qui les sillonnent en diverses directions. Sur le prolongement d'une de ces crêtes, qui descend presque dans la direction de la ligne de la plus grande pente, se trouve la solfatare.

Elle ressemble en tout à celle de Chillan. On y voit d'abord une crête saillante de rochers trachytiques porphyroïdes, à pâte d'obsidienne, tordus et fissurés en divers endroits, portant à la surface et dans l'intérieur des fissures des matières frittées ou scorifiées; mais on n'y trouve pas de ces amas de blocs fracturés et entassés les uns sur les autres qui caractérisent les solfatares du masssif de Descabezado.

Cette crête de rochers, qui ne s'élève qu'à 2 mètres ou 2^{m},50 au-dessus du sol, n'est qu'une coulée ancienne trachytique; elle limite du côté du nord le champ d'activité de la solfatare, qui s'étend à plus de 60 mètres vers la base de la montagne et embrasse en longueur une centaine de mètres de l'est à l'ouest. Le sol s'y trouve couvert d'une masse terreuse, blanc jaunâtre, pénétrée de soufre, et en partie d'une espèce de kaolin blanc, sans soufre, provenant de la décomposition des roches trachytiques. Sous cette masse se montrent au jour quelques pointes de ces mêmes roches qui forment la crête, et en même temps tout le sol est criblé de nombreuses ouvertures de 6 à 8 centimètres de diamètre, qui dégagent de la vapeur d'eau et répandent une forte odeur d'acide sulfureux. Les bouches et les gorges de ces ouvertures sont tapissées de soufre cristallisé en aiguilles et en petites lamelles, comme dans les fumerolles de Chillan, et le dégagement du gaz et des vapeurs s'effectue aussi d'une manière lente, tranquille, continue, sans bruits et sans de bouffées de fumée, tout à fait comme dans la solfatare de Chillan.

Les gaz et les vapeurs, au sortir des ouvertures, n'ont que 88° C. de température, mais à 4 décimètres de profondeur dans l'intérieur des fissures, le thermomètre monte déjà à 90° C. La même température s'observe dans toutes les bouches des fumerolles, et j'ai remarqué que ni le dégagement des gaz ni celui de la vapeur d'eau n'augmentaient avec la chaleur de la journée ou avec la force du vent, qui vers le midi devenait très-violent et insupportable.

Dans quelques-unes des fissures on a pu introduire, sans y trouver de la résistance, une baguette à plus d'un mètre de profondeur. Autour de leurs bouches, le sol est mou et la terre très-riche en soufre. En remuant le terrain même à une certaine distance des ouvertures, on arrive à des masses pénétrées de plus en plus de soufre puis à de petits amas très-irréguliers de soufre presque pur.

Cependant le grand dépôt qu'on exploite actuellement pour soufre, et dont on extrait des quantités considérables, ne se trouve pas dans la partie la plus active de la solfatare, mais à une cinquantaine de mètres plus bas, à l'endroit où il n'y a ni ouvertures ni aucune espèce de crevasses. On n'y voit qu'une grande masse de kaolin (trachyte terreux), tantôt pur, sans la moindre trace de soufre, tantôt traversé par des veines et petites masses irrégulières de soufre parfaitement pur et compacte. Le même soufre forme une veine de 10 à 15 mètres de largeur, dont on voit se détacher quelques rameaux plus minces, qui se perdent dans la masse. La roche qui les renferme est hydratée, ressemble tout à fait aux kaolins des terrains granitiques et feldspathiques de la partie littorale du Chili, et provient ici de l'action qu'ont exercée les éléments de la solfatare sur les trachytes, action qui a eu pour effet l'élimination des bases énergiques et l'hydratation. Un échantillon de cette roche, analysé au laboratoire de l'Institut de Santiago, a donné pour sa composition :

Silice.	79,0
Alumine.	9,3
Chaux.	0,1
Magnésie.	trace.
Eau.	12,0

Aux environs de cette solfatare, dans les basses régions du même massif, on signale plusieurs sources d'eaux thermales dont on ne connaît pas encore la composition. On connaît seulement, à quelques lieues de distance plus au sud, des sources très-abondantes d'eau minérale chargée de sel marin et sortant presque bouillante du fond de la vallée qui porte le nom de *Valle de los Baños*.

NOTE

SUR

L'EMPLOI DE L'ACIDE SULFUREUX COMME GAZ RÉDUCTEUR

DANS LE TRAITEMENT PAR VOIE HUMIDE DES MINERAIS DE CUIVRE, A L'USINE D'AGORDO; FOUR DE M. J. ZOPPI;

Par M. L. MAZZUOLI, ancien élève de l'École des mines.

L'amas pyriteux d'Agordo, placé entre des schistes noirs paléozoïques et une dolomite triasique, est rempli par de la pyrite de fer compacte intimement et irrégulièrement mélangée avec de la pyrite cuivreuse, de la blende et de la galène.

La teneur moyenne en cuivre de la partie de l'amas qui n'a pas encore été exploitée ne peut être évaluée qu'au-dessous de 1,50 p. 100.

La méthode de traitement suivie à l'usine d'Agordo a été l'objet d'une publication faite dans les *Annales des mines*, par M. Haton, en 1855. Il suffira donc d'en rapporter ici en peu de mots les traits principaux.

Les minerais extraits de la mine sont divisés en trois classes: pyrites riches, minerais ordinaires, minerais pauvres.

Les pyrites riches passent directement à la fonte pour matte.

Les minerais ordinaires et les minerais pauvres sont soumis à un grillage en tas. Au centre de chaque morceau de minerai grillé, il se forme un noyau fondu appelé *tazzone*, dont la teneur en cuivre varie depuis 20 jusqu'à 50 p. 100, pourvu qu'on ait soin de le séparer complétement des parties oxydées. La séparation des noyaux a lieu par un

cassage au marteau. Les noyaux sont passés au traitement par voie sèche, tandis que les parties oxydées, contenant des sulfates de fer et de cuivre et une grande quantité de peroxyde de fer, sont soumises à une série de lixiviations.

Les eaux de lixiviation passent à la cémentation, qui a pour but d'en précipiter le cuivre par de la fonte en morceaux.

Les modifications récemment introduites dans cette opération forment l'objet de cette note; mais pour compléter le résumé de la méthode de traitement, il faut ajouter qu'après la cémentation les eaux chargées de sulfate de fer vont dans des caisses en bois où a lieu la cristallisation du vitriol vert.

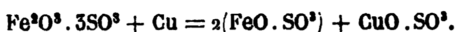
Quant au traitement par voie sèche, il comprend les opérations suivantes :

a) Une fonte pour matte;
b) Un grillage des mattes en cases;
c) Une fonte pour cuivre noir;
d) Un affinage du cuivre noir au petit foyer.

Jusque vers la fin de l'année 1874, la cémentation avait toujours présenté deux graves inconvénients : une forte consommation de fonte et la formation d'un dépôt léger et volumineux de sous-sels de peroxyde de fer qu'on désignait ici sous le nom de *brunini*. La consommation de la fonte était en effet de 3,20 à 3,30 pour 1 de cuivre précipité. Quant aux *brunini*, non-seulement on les trouvait d'un traitement difficile à la voie sèche, à cause de la forte proportion d'arsenic qu'ils contenaient, mais leur présence avait encore pour effet de diminuer la teneur en cuivre du cément. La formation des *brunini* obligeait aussi à rejeter presque la septième partie des eaux cémentées, sans qu'on pût en extraire le vitriol contenu.

Ayant reconnu ces inconvénients avec M. Zoppi, ingénieur au corps des mines, attaché à la direction de l'établisse-

ment d'Agordo, celui-ci entreprit bientôt une série d'expériences de laboratoire ; et après avoir constaté que les eaux de lixiviation contenaient, avec les sulfates de cuivre et de protoxyde de fer, une forte proportion de sulfate de peroxyde de fer, il reconnut aussitôt dans la présence de ce dernier sel la cause principale de la forte consommation de fonte. En effet, lorsque les eaux de lixiviation, se trouvant en contact avec la fonte disposée sur le fond des appareils de cémentation, laissaient précipiter le cuivre qu'elles contenaient en dissolution, le cuivre, agissant comme réducteur, donnait lieu à la réaction suivante :



$$Fe^2O^3.3SO^3 + Cu = 2(FeO.SO^3) + CuO.SO^3.$$

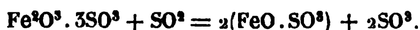
Ainsi, alternativement, le cuivre se précipitait et se redissolvait jusqu'à ce que tout le sulfate de peroxyde de fer se fût transformé en sulfate de protoxyde ; transformation qui ne pouvait avoir lieu qu'aux dépens de la fonte.

M. Zoppi constata aussi que la dissolution du sulfate de peroxyde de fer $Fe^2O^3.3SO^3$ donnait lieu, en présence de la fonte, à la formation de sous-sulfate de peroxyde $Fe^2O^3.SO^3$ et de sulfate de protoxyde $FeO.SO^3$. C'est là, à mon avis, le résultat le plus important qu'il ait obtenu. En effet, on peut ainsi se rendre parfaitement compte de la formation du sous-sulfate de peroxyde de fer, $Fe^2O^3.SO^3$, qu'on avait jusqu'alors considéré comme formé par la peroxydation du protoxyde de fer due à l'oxygène de l'air. D'ailleurs, si l'on réfléchit que les appareils de cémentation sont complétement fermés et que l'espace resté libre entre le couvercle et la surface de l'eau se trouve constamment occupé par de la vapeur d'eau, on ne peut pas admettre que l'action oxydante de l'air soit la cause de la formation des sous-sels de peroxyde de fer. Il faut aussi ajouter qu'au laboratoire, lorsqu'on plonge du fer dans un vase contenant une certaine quantité d'eau de lixiviation, préalablement chauffée près de l'ébullition, la formation des sels basiques de peroxyde

de fer est presque instantanée, ce qui ne devrait pas arriver si la précipitation du sous-sulfate dépendait uniquement de l'action de l'oxygène atmosphérique.

Ainsi, non-seulement la présence, dans les eaux de lixiviation, du sulfate de peroyde de fer était la cause de la forte consommation de fonte, mais c'est à ce même sel qu'on devait aussi la formation des *brunini*.

Pour mieux confirmer ces premiers résultats, M. Zoppi fit passer dans une certaine quantité d'eau de lixiviation un courant d'acide sulfureux qui, en présence du sulfate de peroxyde de fer, devait produire la réaction suivante :



$$Fe^2O^3 . 3SO^3 + SO^2 = 2(FeO . SO^3) + 2SO^3.$$

La réduction du sulfate de peroxyde étant achevée, M. Zoppi ajouta du fer dans la dissolution, et après quelque temps il obtint la précipitation complète du cuivre à l'état métallique, sans qu'il y eût dans le précipité la moindre trace de *brunini*. En même temps la consommation du fer se trouva diminuée d'environ un tiers. A ce sujet, on doit observer que si la quantité de fer consommé se maintint, même dans cette expérience, de beaucoup supérieure à celle théoriquement nécessaire pour la précipitation du cuivre, cela s'explique par la présence de l'acide sulfurique resté libre dans la dissolution, à cause de l'action réductrice de l'acide sulfureux.

Les premières déductions de M. Zoppi ayant été ainsi complétement sanctionnées par l'expérience, il ne lui restait qu'à rendre applicable au traitement industriel le procédé suivi au laboratoire, puisqu'il n'y avait pas à hésiter sur le choix de l'acide sulfureux comme réductif, cet acide pouvant être produit à très-bon marché en utilisant le minerai le plus pauvre. Il restait toutefois à vaincre une difficulté assez grave. Il fallait réussir, à l'aide d'un appareil le plus simple possible, à obliger les eaux de lixiviation à se saturer d'acide sulfureux. M. Zoppi surmonta parfaitement cette

difficulté en présentant le projet d'un four qui fut immédiatement adopté. Ce four (voir Pl. IV, *fig.* 7 à 11) consiste essentiellement en deux foyers *aa* mis en communication avec une cuve *b* de la capacité de 18 mètres cubes environ, qui aboutit à une cheminée *c*. Dans les foyers on charge la pyrite destinée à la production de l'acide sulfureux, et la cuve est remplie avec les eaux de lixiviation. Celles-ci sont élevées au moyen de deux pompes jusqu'à une ouverture *d* pratiquée à $4^m,60$ au-dessus du fond de la cheminée. Les pompes sont placées latéralement à la cheminée et mises en mouvement par une petite roue hydraulique. Les eaux retombent lentement dans la cheminée et se fractionnent en lames et en gouttelettes en heurtant successivement contre les douze diaphragmes *e* disposés comme il est indiqué dans les *fig.* 2 et 3. Par cette disposition, l'acide sulfureux, après avoir effleuré la surface des eaux contenues dans la cuve, est obligé, en remontant dans la cheminée, de rester en contact intime et assez prolongé avec elles avant de pouvoir se répandre dans l'atmosphère.

Le nouveau four commença à fonctionner vers le milieu de novembre 1874.

Dès la première opération, les eaux de lixiviation, après avoir été réduites, ne donnèrent pendant la cémentation aucune trace de *brunini*. Le cément obtenu atteignit une teneur en cuivre de beaucoup supérieure à celle du cément qu'on avait jusqu'alors produit. On put faire passer dans les cuves, pour la cristallisation du vitriol, la quantité d'eau totale restée dans l'appareil de cémentation, en évitant complétement les pertes qui avaient toujours été occasionnées par les *brunini*. Enfin, la consommation de la fonte, au lieu de 3,30, ne fut que de 2,50 pour 1 de cuivre précipité.

A ces résultats déjà prévus il s'en ajouta un autre que les expériences de laboratoire ne pouvaient donner.

Dans une des premières opérations, on trouva la fonte enveloppée par des lames de cuivre métallique presque pur;

et après avoir constaté qu'elles ne contenaient qu'une quantité à peine appréciable d'arsenic, on en conclut à la possibilité de les passer directement à l'affinage au petit foyer pour les transformer en cuivre rosette.

Il était donc du plus grand intérêt de chercher le moyen d'obtenir comme produit principal de la nouvelle méthode ce qui s'était présenté comme le produit accidentel d'une opération. On concentra alors tous les efforts pour atteindre ce but, et après plusieurs mois d'essais, on réussit enfin à avoir le cuivre en lames dans la proportion d'environ 70 p. 100 de la totalité du cuivre contenu dans les produits de la cémentation.

Voici maintenant une description sommaire de la conduite actuelle du travail. Le nouveau four peut réduire en un mois les eaux de lixiviation qui sont nécessaires pour faire 40 opérations successives dans les appareils de cémentation. Sur le fond de chacun de ces appareils on place environ 7.000 kilog. de fonte. Ensuite on y introduit les eaux réduites et l'on chauffe jusqu'à 34° Réaumur. Au commencement de la précipitation du cuivre on remarque un dégagement d'hydrogène qui va en diminuant au fur et à mesure que la fonte, étant recouverte par le cément en lames, se trouve moins en contact avec l'acide sulfurique resté libre dans les eaux réduites. La température de 34° Réaumur est maintenue pendant trois jours; le quatrième jour on continue à chauffer jusqu'à 38°. Pendant le cinquième jour, tout en portant la température à 40°, on ajoute 500 kilog. de fonte pour faciliter la précipitation du cuivre resté en dissolution dans les eaux. On fait alors reposer les eaux pendant vingt-quatre heures en les laissant refroidir jusqu'à 35°, et au bout de ce temps on les conduit dans les cristallisoirs. On sépare le cément en lames des morceaux de fonte, et en ajoutant de l'eau pure on fait passer le cément en poudre dans un réservoir extérieur.

Quant au traitement ultérieur des produits de la cémen-

tation, il faut d'abord rappeler que tout le cément obtenu par la méthode ancienne était passé à la fonte pour matte, et devait ainsi parcourir toutes les phases du traitement par voie sèche. Grâce au nouveau procédé, tout le cément en lames est passé directement à l'affinage au petit foyer, et donne des rosettes de très-bonne qualité. Ayant analysé une de ces rosettes, on n'y a trouvé que 0,039 p. 100 d'arsenic, tandis que les rosettes ordinaires peuvent en contenir, sans perdre de leur valeur, jusqu'à 0,3 p. 100.

Quant au cément en poudre, on a commencé par l'introduire dans le lit de fusion de la fonte pour cuivre noir; mais afin d'en expulser une partie de l'arsenic, on a dernièrement décidé qu'il devra être préalablement soumis au grillage en cases avec les mattes de la première fonte; ce qui permettra d'avoir un cuivre noir de première qualité, sans augmenter les frais du grillage des mattes.

Pour déterminer l'influence de la nouvelle méthode sur l'arsenic contenu dans les eaux de lixiviation, je prendrai pour base les analyses que M. de Hubert, directeur de l'usine, a faites de ces eaux avant et après la cémentation, ainsi que des produits mêmes de la cémentation. Ces analyses ont porté sur les prises d'essai relatives au travail du mois de janvier dernier. (Voir la note A placée à la fin de ce mémoire.)

Mais avant d'examiner les résultats donnés par ces analyses, il faut observer que, par l'ancienne méthode, la plus grande partie de l'arsenic contenu dans les eaux de lixiviation était entraînée à l'état de sous-arséniate de peroxyde de fer par le sous-sulfate de la même base. L'arsenic non précipité à l'état de sous-arséniate restait en dissolution dans les eaux destinées à la fabrication du sulfate de fer.

Par le nouveau procédé, les arséniates contenus dans les eaux de lixiviation sont réduits par l'acide sulfureux en arsénites, et pendant la cémentation l'arsenic précipite en

totalité. En effet, l'analyse des eaux après la cémentation n'a pas donné la moindre trace d'arsenic. Cependant il ne faut pas croire que l'arsenic précipité passe en entier au traitement par voie sèche. En effet, si l'on prend en considération les résultats donnés par les analyses et les quantités des eaux traitées et des produits obtenus, on constate que les eaux contenaient 1.215 kilog. d'arsenic, tandis que le total de l'arsenic retrouvé dans les produits n'a été que de 235 kilog. Il résulte de ces chiffres que les quatre cinquièmes environ de l'arsenic contenu dans les eaux de lixiviation sont éliminés pendant le lavage du cément; et cela s'explique très-bien si l'on réfléchit à ce que l'arsenic précipite à l'état d'une poudre extrêmement divisée, et dont la densité est bien moindre que celle du cuivre. Ainsi donc, même au point de vue de l'arsenic, on a dû reconnaître que la nouvelle méthode est bien plus avantageuse que l'ancienne.

Jusqu'à présent, je n'ai envisagé qu'au point de vue technique les résultats donnés par le four de réduction. Il ne sera pas sans intérêt, pour compléter cette note, d'indiquer aussi les avantages économiques que l'usine a réalisés à la suite de l'introduction du nouveau système de cémentation. Pour bien établir ces avantages, j'inscrirai dans le tableau suivant les principales données numériques tirées des registres d'administration, relatives à l'année 1875, en les comparant avec celles de l'année précédente :

PRINCIPAUX RÉSULTATS COMPARATIFS.	ANNÉE 1875	ANNÉE 1874
Fonte consommée pour 1 partie de cuivre précipité.	2,55	3,27
Perte sur 100 kilogrammes de cuivre contenu dans les eaux de lixiviation.	7,60	16,40
Tourbe consommée par opération faite dans les appareils de cémentation. (Mètres cubes.).	1,93	3,13
Vitriol produit par mètre cube d'eau de lixiviation. (Kilogrammes).	176	150
Cément en lames de la teneur moyenne en cuivre de 85,9 p. 100. (Kilogrammes.).	48.239	—
Teneur en cuivre du cément en poudre.	60,06	54,97
Brunini de la teneur moyenne en cuivre de 9,14 p. 100. (Kilogrammes.).	—	24.840

J'ai dressé aussi un autre tableau (voir la note B), qui contient les résultats économiques de l'année 1875 comparés avec ceux de l'année précédente. Il résulte de ce tableau que le nouveau procédé donne une économie de 134f,63 par opération faite dans les appareils de cémentation. Or, dans les conditions ordinaires du traitement, on fait en moyenne 600 opérations par an; de sorte que l'avantage annuel dû au nouveau système doit être évalué à 80.000 francs environ.

Il faut enfin observer que dans la première moitié de l'année 1875 on eut à vaincre beaucoup de difficultés; en sorte qu'on ne doit considérer cette période que comme une période d'essais. Le four n'a marché régulièrement que pendant le deuxième semestre; par conséquent, tout porte à croire que les avantages qu'on doit attendre dans l'avenir du nouveau procédé de cémentation seront supérieurs à ceux qu'on a déjà réalisés.

Agordo, mars 1876.

NOTE A.

Les analyses faites par M. de Hubert, directeur de l'usine, ont donné les résultats suivants :

	Eaux de lixiviation réduites — avant la cémentation. I	Eaux de lixiviation réduites — après la cémentation. II		Produits de la cémentation — Cément en lames. III	Produits de la cémentation — Cément en poudre. IV
Protoxyde de cuivre	1.38	0,06	Cuivre	87,41	57,95
Protoxyde de fer	6,91	8,72	Peroxyde de fer	3,40	10,95
Oxyde de zinc	1.78	2,32	Oxyde de zinc	0,50	1,78
Alumine	0.66	0,74	Alumine	0,25	0,33
Acide arsénieux	0,24 (*)	—	Chaux	2,00	1,80
Acide sulfurique com-			Acide sulfurique	1,12	2,57
biné avec les bases	12.61	14,15	Arsenic	0,69	4,93
Acide sulfurique libre	2.08	0,65	Eau	1,00	3,83
Eau	73,68	72,48	Résidu insoluble	3,50	12,10
Total	99,34	99,12		99.87	96,24

(*) Correspondant à 0,183 d'arsenic.

Ces analyses ont été faites sur les prises d'essai relatives au mois de janvier dernier, dans lequel on a passé à la cémentation 513^{mc},89 d'eau de lixiviation, dont le poids était de 1.292 kilog. par mètre cube. Les produits obtenus ont été :

5.188 kilog. de cément en lames;
4.042 kilog. de cément en poudre.

Après la cémentation le volume des eaux passées dans les cristallisoirs pour le vitriol a été de 421^{mc},39, et le poids de 1.294 kil. par mètre cube.

Relativement aux analyses III et IV, on doit observer que le fer du cément provient presque entièrement de la fonte en petits grains détachés par le nettoyage, ou dérivant des morceaux de fonte presque complétement rongés. Dans la prise d'essai ce fer se trouve totalement transformé en peroxyde.

NOTE B.

Tableau comparatif des résultats économiques donnés par la cémentation pendant les années 1874 et 1875.

Ce tableau a été dressé en prenant pour unité une opération faite dans les appareils de cémentation.

FRAIS.

	1875	1874
	francs.	francs.
Pyrite pour la production de l'acide sulfureux. .	1,18	»
Fonte.	71,00	88,20
Tourbe.	8,35	15,85
Main-d'œuvre et surveillance.	19,58	12,12
Réparations, outils, frais divers.	3,81	3,95
Total des frais rapportés à l'opération.	103,92	120,12
Frais pour le traitement ultérieur des produits de la cémentation.	16,06	77,15
Total des frais.	119,98	197,27
Différence en faveur de l'année 1875.	77f,29	

PRODUITS.

	1875		1874	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
	kilog.	francs.	kilog.	francs.
Cuivre à 2.200 francs la tonne.	137,81	301,64	121,83	268,03
Vitriol à 70 francs la tonne.	2.250,00	157,50	1.911,00	133,77
Valeur totale des produits rapportée à l'opération.		459,14		401,80
Différence en faveur de l'année 1875.		57f,34		

Économie totale rapportée à l'opération 77f,29 + 57f,34 = 134f,63.

NOTE

SUR

L'EMPLOI DES RAILS D'ACIER

Par M. A. BERNARD, ancien élève de l'École des mines,
Ingénieur de la voie au chemin de fer du Nord.

Exposé. — Depuis qu'en Belgique on a commencé à employer largement les rails d'acier dans la composition des voies ferrées, on a constaté des ruptures assez fréquentes de ces rails, et quelques personnes, s'exagérant le mal et ses conséquences, ont eu des doutes sur l'avenir de ce nouvel emploi de l'acier.

Le fait cependant n'était pas nouveau, il s'était produit en Allemagne, où l'on en avait déjà étudié avec soin les causes, ainsi qu'il résulte de la citation suivante extraite de la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, de Ch. de Cuyper, 19e année, tome XXXVII, 1re livraison, janvier et février 1875.

« Quelles sont les nouvelles expériences sur les rails en « acier Bessemer, spécialement en ce qui concerne les « encoches, ou les moyens proposés pour remplacer celles- « ci? On s'attachera plus spécialement au joint en porte- « à-faux, et aux sections très-inclinées, sur lesquelles il « est fait un grand usage des freins.

« Telle est la question posée par le Verein des chemins « de fer allemands, et sur laquelle ont été prises les con- « clusions suivantes dans la sixième assemblée des fonc- « tionnaires techniques, tenue à Dusseldorf, en septem- « bre 1874.

« Les causes des ruptures des rails d'acier peuvent tou-

« jours se ramener à l'emploi de matériaux défectueux, à
« la mauvaise conduite de la décarburation, ou au manque
« de précautions dans la fabrication.

« Le joint en porte-à-faux et le joint appuyé n'ont « donné lieu à aucune observation intéressante, non plus « que l'emploi des rails en acier Bessemer sur les fortes « inclinaisons, sauf naturellement, dans ce dernier cas, « une usure plus grande.

« Il convient d'éviter, autant que possible, de pratiquer « des encoches dans le pied des rails d'acier.

« M. Couche, ajoute la *Revue*, dans son ouvrage sur les « chemins de fer, a déjà signalé la diminution considé- « rable de résistance qui résulte de l'entaillage des patins « des rails Vignole en acier Bessemer. »

Il était intéressant de reprendre cette étude en y faisant entrer les résultats donnés par l'emploi des rails d'acier en Belgique et en France, de chercher si ces nouvelles données corroborent ou non les conclusions énoncées ci-dessus, et d'en tirer, si c'est possible, quelques enseignements nouveaux.

C'est là le but de cette note.

RUPTURES OBSERVÉES SUR LES RAILS D'ACIER ET CONDITIONS DANS LESQUELLES ELLES SE PRODUISENT.

Chemins de fer de l'État belge.—Le rail d'acier de l'État belge est exactement semblable au rail Vignole en fer de la compagnie française du Nord ; il a 6 mètres de longueur, et pèse 38 kilog. au mètre courant. Les rails sont éclissés et fixés sur les traverses par des crampons ; le joint porte sur une traverse par l'intermédiaire d'une plaque. Il y a deux encoches seulement à chaque extrémité du rail, une à $0^m,05$ et l'autre à $0^m,035$ du bout. Elles servent à placer des coins d'arrêt qui passent dans la plaque de joint.

Les espacements des traverses sont comme suit :

Aux extrémités, deux espacements de 0,75. . .	1,50
Pour le reste, cinq espacements de 0,90. . . .	4,50
Ensemble.	6,00

Il y a toutefois une exception à cette règle dans le 4ᵉ groupe : sur 9.333 rails posés en totalité :

5.000 sont posés comme il est dit ci-dessus, et 4.333 sont posés de la manière suivante :

Six intervalles de 0,857.	5,142
Un intervalle de 0,858.	0,858
Ensemble.	6,000

Voici le tableau, par provenance, des ruptures constatées sur les rails d'acier mis en service dans les principaux groupes des chemins de fer de l'État, à la date du 31 décembre 1874.

Tableau, par provenance, des ruptures des rails d'acier observées sur les chemins de fer de l'État belge (31 décembre 1874).

INDICATION des services et des lignes.	PROVENANCE des rails d'acier.	NOMBRE de rails mis en service.	AGE MOYEN (en mois).	NOMBRE de rails rompus en service en totalité.	NOMBRE de rails rompus en service par 1000 et par an
2ᵉ groupe.					
Lignes de Liége à Louvain, de Liége à la frontière d'Allemagne et de Pepinster à Gouvy.	John Brown de Sheffield. . .	2.021	15.5	5	1.[illegible]
	Saint-Jacques.	162		5	23.8[illegible]
	Krupp et Bockum.	12.806		10	0.0[illegible]
	Société John Cockerill. . . .	21.608		18	0.6[illegible]
	Sclessin.	2.334		36	11.9[illegible]
	B. V. et Cᵉ Steel.	832		3	2.8[illegible]
	Aciérie d'Angleur.	1.011		1	0.7[illegible]
Lignes des Plateaux de Herve et du Bleyberg.	Société John Cockerill 71 A.B.	17.506	12	5	0.4[illegible]
	— — 72 A.B.			1	
	John Brown de Sheffield. . .			1	
	Société de Sclessin.			1	
5ᵉ groupe.					
Lignes de Braine à Quiévrain et Mons, de Mons à Quiévrain, de Mons à Ciply et Bonne-Espérance du Flénu et du réseau de Saint-Ghislain.	Société John Cockerill 71 AB et 74.	1.082	24	0	0
	Saint-Jacques AF 72.	691		0	0
	Société A. A. 73 A. B. et 74 A. B.	3.756		0	0
	Steel EV et Cᵉ 73 et L. H. 73.	831		3	1.80[illegible]
	Bockum 73.	2.153		1	0.2[illegible]
	John Brown et Cᵉ, Sheffield Atlas.	669		0	0
	Wilson Grammeltoo.	540		1	0.92[illegible]
	Steel Bec 73 Dronfield.				
	SS ::: 74 A. M.	135		0	0
	R. S. W. 74 A. B.	497		0	0
6ᵉ groupe.					
Lignes de Bruxelles-Midi à Namur par Braine, de Bruxelles à Luttre et Nivelles, de Tamines à Gembloux, chemin de fer de ceinture de Charleroi.	Diverses usines belges et étrangères.	55.452	21	14	0.1[illegible]
8ᵉ groupe.					
Lignes du Luxembourg.	Aciérie d'Angleur..	13.031	14	17	1.1[illegible]
	Shaw et Thomson de Londres.	3.787		97	21.[illegible]
	Société John Cockerill de Seraing.	2.945		2	0.5[illegible]
	Sclessin.	5.049		0	0
	Brown, Baily et Dixon, à Sheffield.	1.683		2	1.0[illegible]
	John Brown à Sheffield. . . .	421		0	0

Ces ruptures ont eu lieu, pour chacun de ces groupes, dans les circonstances suivantes :

Si l'on distrait du 2e groupe les lignes du plateau de Herve et du Bleyberg, on trouve en totalité 78 ruptures de rails qui ont eu lieu comme suit :

15	ruptures entre la	1re et la 2e	traverse.
25	—	—	2e et la 3e	—
20	—	—	3e et la 4e	—
18	—	—	4e et la 5e	—

Voici l'ordre chronologique de ces ruptures :

Janvier	2	ruptures.	Juillet	2	ruptures.
Février	13	—	Août	1	rupture.
Mars	5	—	Septembre	4	ruptures.
Avril	2	—	Octobre	0	—
Mai	5	—	Novembre	2	—
Juin	1	rupture.	Décembre	41	—

Suivant le personnel, les nombreuses ruptures observées ont pour causes :

1° La nature cassante de l'acier fabriqué par certaines usines ;

2° Les trop basses températures ;

3° Les chocs occasionnés par les méplats des bandages des roues munies de freins américains circulant sur les lignes de Pépinster à Gouvy, et de Pépinster à Welkenraedt et Aix-la-Chapelle. Ces bandages partant de Pépinster en très-bon état, y reviennent avec de nombreux méplats.

Le 5e groupe se compose également de lignes peu accidentées.

Voici la position des ruptures que l'on a observées :

1	rupture située	à 0m,30 (B)	du bout.
1	—	à 0m,75 (A)	—
1	—	à 1m,90 (B)	—
1	—	à 2m,14 (B)	—
1	—	à 2m,90 (B)	—

On se rappelle que dans ce groupe, il y a deux sortes de poses ; si on les désigne par les lettres A et B indiquées

ci-dessus en face de chaque rupture, les positions de traverses pour chaque pose sont, par rapport à l'un des bouts :

Pose A.

1re traverse.	0,75	3e traverse.	2,55
2e —	1,65	4e —	3,45

Pose B.

1re traverse.	0,857	3e traverse.	2,571
2e —	1,714	4e —	3,428

Une rupture a donc eu lieu sur la traverse même, une autre près de la traverse.

Les lignes qui composent le 6e groupe sont des lignes à faibles inclinaisons.

Voici dans quelles circonstances les ruptures observées se sont produites :

1	rupture	nette	à	0,25	du bout.
1	—	—	à	0,39	—
1	—	—	à	0,50	—
1	—	oblique	à	0,68 et 0,70	—
1	—	nette	à	1,065	—
1	—	oblique	à	1,25 et 1,50	—
1	—	nette	à	1,37	—
1	—	—	à	1,47	—
1	—	—	à	1,60	—
1	—	oblique	à	1,96 et 2 »	—
1	—	nette	à	2,20	—
1	—	—	à	2,40	—
1	—	—	à	2,92	—
1	—	—	à	2,95	—

Or, les positions des traverses, par rapport à un joint, sont les suivantes :

1re traverse.	0,75	3e traverse.	2,55
2e —	1,65	4e —	3,45, etc.

On voit donc que, sur 14 ruptures observées, 2 ont eu

lieu sur les traverses mêmes, et deux autres tout près des traverses.

Les lignes du Luxembourg sont des lignes fort accidentées, et qui ont de nombreuses rampes allant souvent jusqu'à 0,016.

On remarque que les ruptures sont toujours perpendiculaires à l'axe du rail, qu'elles se produisent en n'importe quel point de sa longueur, et qu'elles sont plus fréquentes sur les fortes rampes de 0,015 et 0,016. Le personnel les attribue surtout à l'action des freins et à l'emploi de machines dites de fortes rampes. Cependant ces machines, qui pèsent environ 50 tonnes, reposent sur quatre essieux dont les deux extrêmes ne sont espacés que de $4^m,50$, et dont le plus chargé ne porte, au maximum, que 13.700 kilog.

Chemin de fer du Grand-Central belge.— Le rail d'acier employé par le Grand-Central belge est du modèle Vignole. Il pèse $37^k,237$ au mètre courant; les barres ont 6,20 de longueur. Les rails sont éclissés et fixés sur les traverses au moyen de crampons, avec plaques au joint et sur chaque traverse intermédiaire.

Les traverses sont espacées comme suit :

Aux extrémités du rail, deux intervalles de 0,75. . .	1,50
— — cinq — de 0,94. . .	4,70
Ensemble.	6,20

Le rail est pourvu de deux encoches, l'une à gauche, située à $2^m,609$ du bout, l'autre à droite, à la même distance de l'autre bout, de sorte qu'il y a 0,982 entre ces deux encoches. Ces encoches sont rectangulaires; elles ont 0,016 de longueur et pénètrent de 0,006 dans le patin.

Voici le tableau, par provenance, des ruptures constatées le 31 décembre 1874 sur les rails d'acier en service :

Tableau, par provenance, des ruptures des rails d'acier observées sur les chemins de fer du Grand-Central belge.

INDICATION des lignes exploitées.	PROVENANCE des rails d'acier.	NOMBRE de rails mis en service	AGE moyen (en mois).	NOMBRE de rails rompus en service en totalité.	NOMBRE de rails rompus en service par 1000 et par an.
Lignes de l'Est belge, de Louvain à Herenthals et Tilbourg, de l'Entre-Sambre et Meuse, d'Anvers à Rotterdam et Breda, d'Anvers et Landenne à Hasselt, Maëstricht et Aix-la-Chapelle.	Barrow Steel. .	1295	22	3	0.541
	Wilson Cammel Steel.	2023		0	0

Deux de ces ruptures ont eu lieu aux encoches, la 3e au milieu, en plein profil.

Ces rails d'acier ont été employés sur les fortes pentes de la ligne de Lodelinsart à Marcinelle et dans les courbes à faible rayon de Chatelineau à Givet.

La ligne de Lodelinsart à Marcinelle est en pentes variant de 0m,018 à 0m,022. Les rails ordinaires en fer se détériorant très-rapidement sur ces fortes pentes, on y employa des rails fabriqués spécialement avec un meilleur fer, et coûtant 10 francs de plus à la tonne. Ces derniers rails ne durèrent que trois ans.

On mit alors sur ce point, en 1869, une longueur de 1.426 mètres de simple voie en acier, sur la voie descendante qui est beaucoup plus fatiguée que l'autre.

Ces rails sont encore en place et n'ont donné aucune rupture.

L'écartement des essieux extrêmes des machines les plus lourdes circulant sur cette voie est de 4m,943, l'essieu le plus chargé porte 13t,500.

Chemins de fer de Cologne à Minden. — Le rail d'acier employé sur la ligne de Cologne à Minden est du modèle

Vignole; le rail a une longueur totale de 6,59 et pèse 36k,40 au mètre courant.

Les rails sont éclissés et fixés sur les traverses au moyen de crampons. Le joint est en porte-à-faux, le rail n'a pas d'encoche; les espacements des traverses sont comme suit :

Deux espacements aux extrémités, du joint à la 1re traverse.	0,627
Viennent ensuite deux espacements de 0,9416.	1,883
Au milieu quatre espacements de 1,02. . . .	4,08
Ensemble.	6,59

Voici le tableau, par provenance, des ruptures constatées le 31 décembre 1874, sur les rails d'acier en service.

Tableau, par provenance, des ruptures des rails d'acier observées sur le chemin de fer de Cologne à Minden.

INDICATION des lignes exploitées.	PROVENANCE des rails d'acier.	NOMBRE de rails mis en service	AGE moyen (par mois).	NOMBRE de rails d'acier rompus en service	
				en totalité.	par 1000 et par an.
Cologne à Minden. .	Krupp.	156.166	30	115	0,029
	Hoerde.	80.330	27	110	0,060
	Bockum.	36.871	12,5	35	0,091

Chemins de fer du Nord français. — Au début la compagnie du Nord donna à son rail d'acier les formes et les dimensions de son rail Vignole en fer de 6 mètres de longueur, pesant 37k,40 au mètre courant. Cela n'était évidemment pas logique, puisque la résistance de l'acier est bien supérieure à celle du fer, et qu'il est démontré que les rails de fer actuels périssent par défaut de cohésion et non par défaut de section. Aussi l'on remplaça bientôt le rail du modèle 37k,40 par un autre ne pesant que 35 kilog. au mètre courant.

On ne s'arrêta pas là, et peu après la compagnie adopta

pour tout son réseau un rail en acier du type Vignole pesant 30^k,300 par mètre.

La longueur normale du rail est de 8 mètres, mais on admet dans les commandes, pour faciliter la fabrication, des longueurs réduites de 7, 6 et 5 mètres.

Le rail est posé avec traverses aux joints et, sur le reste de sa longueur, il est supporté en neuf points présentant les espacements suivants : 0^m,60 près des joints, 0^m,90 pour les parties contiguës, et 1 mètre pour les parties intermédiaires.

Les rails sont éclissés, sans encoches, sauf aux deux extrémités, pour la fixation des coins d'arrêt, et attachés aux traverses par des tire-fonds.

Ce rail de 30^k,300 a été adopté parce que l'on parvenait ainsi à réduire notablement la dépense, tout en laissant au rail, à cause de la différence de résistance des matières, une solidité supérieure à celle des rails en fer qu'ils remplacent.

Voici le tableau, par provenance, des ruptures constatées le 31 décembre 1874, sur les rails d'acier en service.

Tableau, par provenance, des ruptures des rails d'acier observées sur les chemins de fer du Nord.

INDICATION des services et des lignes.	PROVENANCE des rails d'acier.	NOMBRE de rails mis en service	AGE MOYEN (en mois).	NOMBRE de rails rompus en service en totalité	NOMBRE de rails rompus en service par 1.000 et par an.
1er arrondissement.					
Lignes de Paris	Terre-Noire.	29.899	40	12	0,120
à Creil par Pontoise	Imphy.	13.901	73	21	0.248
et	Creuzot.	7.852	26	14	0,823
par Chantilly,	Saint-Chamond. . . .	3.143	6	3	1,762
Paris à Soissons.	Firminy.	873	54	0	0,000
2e arrondissement					
Lignes de Creil	Terre-Noire.	29.274	31	4	0,058
à Beauvais	Imphy.	2.044	63	1	0,093
et à Gournay,	Creuzot.	8.971	19	5	0,352
de Creil à Amiens	Saint-Chamond. . . .	7.058	18	1	0.094
et	Denain.	31	3	0	0,000
d'Amiens à Boulogne.	Bességes.	22	3	0	0,000
3e arrondissement.					
Lignes d'Amiens à la frontière	Terre-Noire.	34.013	36	14	0,137
par Douai et Lille,	Imphy.	1.151	64	1	0,168
de	Creuzot.	10.014	23	28	1 459
Douai à Valenciennes	Saint-Chamond. . . .	3.869	11	2	0,564
et Quiévrain,	Denain.	2.205	4	2	2,721
de Somain à Busigny.					
4e arrondissement.					
Lignes d'Arras à Hazebrouck	Terre-Noire.	15.395	14	1	0,056
et d'Hazebrouck à Lille,	Imphy.	68	21	0	0,000
Calais à Dunkerque,	Creuzot.	3.078	14	2	0,057
de Sens à Carvin	Saint-Chamond. . . .	2.094	11	1	0,521
et de Boulogne à Calais.	Denain.	1.776	2	2	6,757
	Bességes.	18	3	0	0.000
5e arrondissement.					
Lignes de Creil	Terre-Noire.	31 578	31	12	0,147
au Cateau	Imphy.	6.361	67	20	0,559
et de Tergnier	Creuzot.	16 659	30	15	0,355
à Laon.	Saint-Chamond. . . .	2.186	7	0	0,000
7e arrondissement.					
Ligne du Cateau	Terre-Noire.	10.778	30	4	0.149
à	Imphy	1.990	61	1	0,100
	Creuzot.	5.240	33	9	0,631
Erquelines.	Saint-Chamond. . . .	1.128	8	3	3,937

Voici un tableau général indiquant sur quels points des rails se sont produites les ruptures relatées dans le tableau précédent.

Tableau indiquant les points où se sont produites les ruptures observées sur le réseau du Nord.

1er ARRONDISSEMENT.		2e ARRONDISSEMENT.		3e ARRONDISSEMENT.		4e ARRONDISSEMENT.		5e ARRONDISSEMENT.		7e ARRONDISSEMENT.	
Nombre de ruptures.	Distance de la rupture au bout du rail.	Nombre de ruptures.	Distance de la rupture au bout du rail.	Nombre de ruptures.	Distance de la rupture au bout du rail.	Nombre de ruptures.	Distance de la rupture au bout du rail.	Nombre de ruptures.	Distance de la rupture au bout du rail.	Nombre de ruptures.	Distance de la rupture au bout du rail.
3	aux trous des boulons.	1	0,30	1	0,20	1	1,10	7	aux trous des boulons.	2	0,90
		1	0,70	1	0,22	5	sans renseignements.			1	0,30
1	0,16	1	1,00	2	0,35			1	0,18	1	0.60
1	0,21	1	1,15	1	0,45			2	0,20	1	0,80
1	0,22	1	1,50	1	0,50			1	0,25	1	0,85
2	0,25	1	2,40	1	0,60			1	0,32	1	0,87
1	0,29	1	2,70	1	0,66			1	0,40	1	0,93
1	0,35	1	2.73	1	0,80			1	0.50	1	1,00
1	0,38	4	3,00	1	0,90			1	0.60	1	1,18
1	0,40	1	3,96	2	0,95			1	0,83	1	1,34
1	0,58	6	4,00	4	1,00			1	0,87	1	1,60
1	0.60			2	1,10			1	1,03	1	1,72
1	0.91			1	1,26			1	1,35	1	1,98
1	0,98			1	1,50			1	1,50	1	2,99
3	1,00			1	1,70			1	1,62	1	4.00
1	1,10			1	1,80			1	1,92	1	sans renseignements.
1	1,15			1	1,92			5	1,98		
1	1,25			1	1,94			1	2,00		
1	1,90			3	2,00			1	2,04		
2	2,00			1	2,20			1	2,38		
1	3,00			1	2,30			1	2,40		
1	3,85			1	2,43			1	2,75		
23	sans renseignements.			1	2,50			1	2,90		
				1	2,75			1	3,82		
				2	2,90			1	3,85		
				1	2,92			13	sans renseignements.		
				1	2,95						
				5	3,00						
				1	3,05						
				1	2,20						
				1	3,25						
				1	3,42						
				1	3,90						

Pour les rails en 37, en 35 et en 50 kilog., les distances

des traverses à une des extrémités du rail sont les suivantes : 0,60 — 1,50 — 2,50 — 3,50, etc. Il n'y avait donc pas intérêt, dans le tableau précédent, à établir une distinction entre les différents modèles.

On a, dans ce tableau, souligné les cotes correspondant à un point d'appui ; en supposant aux points d'appui sur les traverses une largeur moyenne de $0^m,16$, on voit que les ruptures ont eu lieu plus souvent en dehors des points d'appui que sur les points d'appui eux-mêmes.

Toutes les lignes auxquelles se rapportent ces renseignements sont des lignes à faibles inclinaisons, car elles ne dépassent pas $0^m,008$.

On peut tirer des renseignements qui précèdent les conclusions suivantes :

On remarque, en examinant les tableaux des ruptures des rails par provenance, que dans les lignes exploitées par l'État belge, le chiffre des tantièmes des ruptures par 1.000 et par an, varie extrêmement avec chaque usine ; et souvent entre deux fournitures de la même usine, que les résultats sont tous bons pour les lignes du Grand-Central belge et de Cologne à Minden, et qu'enfin pour le Nord français les résultats sont aussi très-bons, sauf pour deux usines dont les produits ont été assez variables. On peut donc déjà conclure du vu de ces tableaux que certainement les nombreuses ruptures qui ont été signalées n'avaient pas un caractère général ; qu'elles proviennent d'une mauvaise fabrication, et que dans tous les cas, la moyenne générale des ruptures est faible et ne permet de concevoir aucune inquiétude sur l'avenir du rail d'acier.

On ne trouve, dans tout ce qui précède, de renseignements sur l'emploi des encoches au patin, pour la fixation du rail, que dans le chemin du fer du Grand-Central belge ; mais le résultat donné par ce chemin est concluant, puis-

que sur trois ruptures observées, deux ont eu lieu aux encoches.

Il y a, dans les renseignements qui précèdent, de nombreuses indications sur les points où ont eu lieu les ruptures, par rapport aux points d'appui. Ces indications, très-précises pour quelques lignes et particulièrement pour le Nord français, montrent que les ruptures ont lieu quelquefois sur les points d'appui mêmes des traverses; mais plus souvent cependant entre les points d'appui.

Les considérations qui précèdent amènent naturellement à se demander si la cause des ruptures entre les points d'appui n'est pas due à une insuffisance de section, et si la compagnie du Nord a eu raison de réduire les sections de son rail de 37 à 30 kilog.

Voici un tableau donnant, par modèle, les ruptures observées sur les différentes lignes du réseau du Nord.

Tableau, par modèle, des ruptures observées sur le réseau du Nord.

INDICATION des lignes.	MODÈLE des rails.	NOMBRE de rails mis en service	AGE moyen (en mois).	NOMBRE de rails rompus en service	
				en totalité.	par 1000 et par an.
1er arrondissement.	Vignoles 37k et 35k.	29.345	66	30	0,186
	Vignole 30k. . . .	26.323	23	20	0,396
2e arrondissement.	Vignole 37k. . . .	10.164	62	5	0,035
	Vignole 30k. . . .	41.874	16	14	0,251
3e arrondissement.	Vignole 37k. . . .	13.596	63	4	0,052
	Vignole 30k. . . .	37.539	18	46	0,817
4e arrondissement.	Vignole 37k. . . .	322	53	0	0,000
	Vignole 30k. . . .	22.107	11	6	0,297
5e arrondissement.	Vignole 37k. . . .	16.871	59	23	0,294
	Vignole 35k. . . .	6.821	45	2	0,078
	Vignole 30k. . . .	34.091	20	22	0,387
7e arrondissement.	Vignole 37k. . . .	3.119	63	1	0,061
	Vignole 35k. . . .	4.847	48	1	0,052
	Vignole 30k. . . .	11.170	18	15	0,895

On remarque que dans les quatre premiers arrondissements il y a prédominance du nombre des ruptures des

rails en 30 kilog. sur le nombre des ruptures des rails en 37 et 35 kilog. Dans le 5ᵉ et le 7ᵉ arrondissements, ce sont les rails en 35 kilog. qui ont le mieux résisté ; viennent ensuite les rails en 37 kil., puis les rails en 30 kil.

Mais là encore l'influence de l'usine, autrement dit de la fabrication, est prépondérante, car les usines qui ont donné les moins bons résultats n'ont fourni que des rails en 30 kilog., et si l'on tient compte de ce qu'en réalité, les écarts entre les ruptures des rails en 30 kilog. et les ruptures des rails en 37 et 35 kilog. sont très-faibles, et de ce que les barres des premiers ont 8 mètres de longueur, tandis que celles des seconds ont 6 mètres seulement, on arrive à cette conclusion que l'expérience justifie les prévisions théoriques qui ont fait accepter le rail de 30 kilog. par la compagnie du Nord.

Il serait intéressant de constater si l'importance de la circulation a une notable influence sur le nombre des ruptures ; mais cette constatation ne peut se faire par la comparaison de lignes différentes, à cause de la diversité de provenance des rails et des conditions de leur emploi. Le seul moyen d'arriver au résultat est de comparer les résultats observés sur les deux voies d'une même ligne. Le réseau du Nord peut fournir à ce sujet d'excellents points de comparaison, puisque la voie droite est en général beaucoup plus fatiguée que la voie gauche, les transports vers Paris étant beaucoup plus importants que ceux au départ de Paris.

Ces renseignements sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau des ruptures de rails observées sur les voies gauche et droite du réseau du Nord.

DÉSIGNATION DES SERVICES et des lignes.	MODÈLE des rails.	NOMBRE de rails rompus en service par 1000 et par an. Voie gauche.	Voie droite.
1er arrondissement.	kilog.		
Paris à Creil par Chantilly	Vignole 35 et 37 Vignole 30	0,046 0,288	0,367 0,762
Paris à Creil par Pontoise	Vignole 37 et 35 Vignole 30	0,068 0,198	0,132 0,938
Paris à Soissons et Port-aux-Perches	Vignole 37 et 35 Vignole 30	0,000 0,479	0,000 0,000
2e arrondissement.			
Creil à Amiens	Vignole 37 Vignole 30	0,076 0,410	0,089 0,388
Amiens à Boulogne	Vignole 37 Vignole 30	0,000 0,068	0,542 0,000
3e arrondissement.			
Amiens à la frontière	Vignole 37 Vignole 30	0,077 0,522	0,029 0,588
Douai à Valenciennes	Vignole 37 Vignole 30	0,000 0,381	0,000 0,541
Valenciennes à Quiévrain	Vignole 37 Vignole 30	0,000 1,030	0,000 0,000
Somain à Busigny	Vignole 37 Vignole 30	0,000 0,373	0,000 0,619
4e arrondissement.			
Arras à Hazebrouck	Vignole 37 Vignole 30	0,000 0,258	0,000 1,464
5e arrondissement.			
Creil au Cateau	Vignole 37 Vignole 35 Vignole 30	0,112 0,110 0,214	0,347 0,000 0,610
Tergnier à Laon	Vignole 37 Vignole 35 Vignole 30	0,000 0,000 0,234	0,000 0,000 0,000
7e arrondissement.			
Cateau à Erquelines	Vignole 37 Vignole 35 Vignole 30	0,000 0,000 0,321	0,065 0,122 1,679

On le voit par ce tableau, une plus grande circulation paraît avoir peu d'influence sur le nombre des ruptures. Ce nombre paraît varier surtout avec les fournitures d'usines différentes ou des mêmes usines.

On a vu plus haut quelques renseignements sur les lignes du 2e groupe, des chemins de fer de l'État belge, tendant à faire croire à une certaine influence des températures basses sur le nombre des ruptures ; voici sur ce sujet, un tableau donnant quelques renseignements sur certaines lignes du réseau du Nord.

Tableau chronologique des ruptures observées sur certaines lignes du réseau du Nord.

INDICATION des mois.	1er ARRONDISSEMENT.			3e ARROND^t.	4e ARROND^t.	7e ARROND^t.	TOTAUX.
	Paris à Creil par Pontoise.	Paris à Creil par Chantilly.	Paris à Soissons et Port-aux-Perches.	Somain à Busigny.	Lens à Carvin.	Cateau à la frontière.	
Janvier. . .	1	1	0	0	0	1	3
Février. . .	3	1	0	1	0	2	7
Mars. . . .	2	1	0	1	2	1	7
Avril. . . .	1	1	0	3	0	2	7
Mai.	1	0	0	0	2	2	5
Juin.	1	1	1	0	0	3	6
Juillet. . . .	0	0	0	0	0	4	4
Août.	1	2	0	0	0	2	5
Septembre.	2	1	0	0	0	1	4
Octobre. . .	4	1	0	0	0	0	5
Novembre.	1	1	0	0	1	7	10
Décembre.	0	1	0	0	0	5	6

On le voit par ce tableau, le froid ne paraît pas avoir une grande influence sur le nombre des ruptures.

AVARIES, AUTRES QUE LES RUPTURES, OBSERVÉES SUR LES RAILS D'ACIER.

Les avaries autres que les ruptures consistent généralement en écrasements de parties plus ou moins longues du champignon. Voici, sous forme de tableau, quelques renseignements sur ces avaries pour les lignes du Nord français.

Avaries, autres que les ruptures, constatées sur le réseau du Nord.

INDICATION de la nature des avaries.	1er ARRONDISSEMENT.	2e ARRONDISSEMENT.	3e ARRONDISSEMENT.	4e ARRONDISSEMENT.	5e ARRONDISSEMENT.	7e ARRONDISSEMENT.	TOTAUX.
Partie de champignon écrasée	9	17	60	5	26	12	129
Partie de champignon enlevée	1	1	»	»	5	2	9
Bout écrasé pour défaut de fabrication (emploi de lingots trop faibles pour la longueur à produire)	104	2	6	»	81	»	193
Sans renseignements	0	»	21	4	»	»	25

On voit qu'une grande partie de ces avaries peuvent être évitées par une meilleure fabrication.

DURÉE DES RAILS D'ACIER.

Les rails d'acier posés par la compagnie du Grand-Central belge sur la pente de Lodelinsart à Marcinelle en 1869, n'avaient donné à la fin de 1874 qu'un déchet de 1.618 par 1.000 et par an.

Voici, pour le réseau du Nord français, un tableau donnant le même renseignement par usine.

Tableau général des rails d'acier mis au rebut, au 31 décembre 1874, sur le réseau du Nord.

INDICATION des provenances.	NOMBRES de rails fournis.	AGE moyen (en mois).	NOMBRES de rails rebutés.	TANTIÈMES par 1000 et par an.	OBSERVATIONS.
Imphy	25.561	64	131	0,880	
Terre-Noire	154.156	32	133	0,327	
Creuzot	53.978	25	261	2,291	Beaucoup de rails de cette usine au début de la fabrication se sont rapidement détériorés parce qu'on avait employé des lingots trop faibles pour la longueur à produire.
Saint-Chamond	20.138	12	14	0,682	
Firminy	873	51	0	0,000	
Denain	4.012	3	5	4,813	
Bességes	40	3	0	0,000	

Les déchets sont dus aux ruptures et aux avaries des

rails; ces déchets iront plutôt en diminuant qu'en augmentant, au moins pendant une longue période, car évidemment beaucoup de ruptures et d'avaries sont dues à des défauts de fabrication. C'est donc plutôt dans l'usure plus ou moins rapide des rails d'acier qu'il faut chercher des renseignements sur leur durée probable.

Lorsque la compagnie du Nord adopta le rail d'acier actuel de 30 kilog., elle admit que ce rail pourrait être maintenu en service jusqu'à ce que l'usure du champignon eût atteint 0,01 et les expériences faites à cette époque établissent que pour arriver à ce degré d'usure, il fallait faire subir à ces rails une circulation brute de 200 millions de tonnes.

Des expériences faites avec beaucoup de soins, en voie courante, sur le réseau du Nord, où les pentes ne dépassent ordinairement pas 0,005, et notamment entre le Cateau et Erquelines, sur les rails d'acier posés jusqu'à ce jour, ont confirmé complétement ce chiffre, à savoir qu'il faut une circulation brute de 200 millions de tonnes pour amener les rails d'acier à une usure de $0^{m},010$, tandis que les rails de fer ne résistent pas à une circulation de 20 millions de tonnes. Si, pour fixer les idées, on prend pour point de comparaison certaines sections assez fatiguées de la ligne de Creil à Erquelines, où le tonnage brut est de 3.500.000 tonnes, cela donne pour la durée des rails d'acier 57 ans. Mais il n'en est pas de même, et la chose était facile à prévoir, aux abords des stations, surtout des stations où l'on exécute beaucoup de manœuvres et où l'on fait un plus grand usage des freins, et sur les lignes qui, contrairement à celles du Nord, ont de fortes rampes. Ainsi aux abords de certaines stations et en certains points l'usure des rails marche assez rapidement pour que cette usure arrive à $0^{m},010$ après un mouvement correspondant seulement à une circulation brute régulière de 20 millions de tonnes.

On entend par circulation brute régulière, la circulation simple des trains non compris les manœuvres effectuées aux abords des stations. Cette usure, plus grande sur ces points, est donc due à deux causes : les manœuvres plus ou moins nombreuses des trains et un serrage plus ou moins énergique des freins.

Mais il n'y a que quelques points et quelques stations où l'usure marche aussi rapidement; ailleurs elle varie extrêmement suivant les positions des rails par rapport aux stations, et suivant les stations elles-mêmes.

Sur la ligne de Lodelinsart à Marcinelle, sur des pentes variant de 0,018 à 0,022, où les trains descendent toujours freins serrés, l'usure de 0,010 correspond à une circulation de 25 millions de tonnes.

NOTICE

SUR

LA MACHINE A DÉTENTE VARIABLE DE M. SULZER

Par M. RÉSAL.

Qu'il me soit permis, avant d'entrer en matière, d'adresser mes remercîments à MM. Satre et Averly, ingénieurs-constructeurs à Lyon, concessionnaires du brevet de M. Sulzer pour une grande partie de la France, de l'extrême obligeance qu'ils ont mise à me procurer tous les éléments qui m'étaient nécessaires pour rédiger cette notice.

La machine dont il s'agit (Pl. V et *fig.* 1 et 2, Pl. VI) est à connexion directe et à cylindre horizontal.

Le cylindre est pourvu d'une chemise de vapeur entourée d'une masse feutrée maintenue par une enveloppe en bois.

La tige du piston est guidée par une glissière cylindrique qui offre sur la double glissière plane, généralement adoptée, l'avantage de parer, au moins en grande partie, aux effets fâcheux résultant d'un jeu latéral de l'arbre moteur entre ses épaulements.

Les deux orifices d'admission sont indépendants, de même que les orifices d'échappement.

Les premiers sont placés au sommet du cylindre, vers ses extrémités, les deux autres sont situés respectivement et au-dessous des précédents.

L'admission et l'échappement sont produits par des soupapes équilibrées, disposition qui présente des avantages trop connus pour que nous croyions devoir nous y arrêter.

Les soupapes sont maintenues sur leurs siéges par des ressorts à boudin.

La tige de chaque soupape d'admission est munie d'un piston sur lequel s'appuie le ressort; la face opposée au ressort comprime, lorsque la soupape retombe sur son siége, la plus grande partie de l'air introduit pendant la levée, par une petite ouverture dont on peut régler la section à la main, de manière à satisfaire à toutes les conditions voulues.

Cette disposition a pour objet d'atténuer les chocs et d'éviter le forgeage mutuel de la soupape et de son siége (*). On a d'ailleurs reconnu par expérience que l'emploi de la fonte fine au bois, grise et à grains fins, était très-favorable

---

(*) Les objections soulevées contre l'emploi des soupapes dans les distributions ont été bien exagérées, comme on peut en juger d'après la déclaration ci-après de l'ingénieur de la compagnie générale de navigation de Lyon.

Lyon, 16 mars 1876.

Je soussigné déclare que les machines des vingt bateaux à vapeur que la compagnie générale de navigation possède ont toutes leurs distributions par soupapes équilibrées. Ces machines fonctionnent depuis quinze, vingt et vingt-cinq ans. Leurs soupapes d'émission n'ont presque jamais été changées, et plusieurs, dont les siéges n'ont pas été retouchés depuis leur mise en marche, fonctionnent encore aujourd'hui très-bien et sans fuite.

Les soupapes d'admission tiennent parfaitement sans fuite quatre à cinq ans; quelques-unes n'ont eu besoin d'être retouchées qu'après neuf et dix ans et même quinze ans de marche. Leur diamètre varie de 0,160 à 0,500.

Ces longues durées de fonctionnement sans réparations sont obtenues avec les siéges et soupapes en métal de même nature, un peu sec et bien homogène.

Le nombre de révolutions de nos machines est de 20 à 50 tours, suivant leur puissance; vitesse moyenne du piston, 2 mètres par seconde. La puissance de nos machines varie depuis 200 chevaux indiqués jusqu'à 1.000 chevaux.

La compagnie possédait plusieurs machines (dont quelques-unes d'assez récente construction) avec distribution par tiroir de divers systèmes; toutes sans exception ont été changées et remplacées par des machines à distribution par soupapes.

Après beaucoup et de longues expériences et essais comparatifs de divers systèmes de distribution, seule, la distribution par sou-

à la conservation des siéges et des soupapes, et supprimait les inconvénients relatifs aux inégalités de dilatation.

Une roue dentée conique, montée sur l'arbre moteur, engrène avec une roue pareille calée sur un arbre de couche O_1 parallèle à l'axe du cylindre. Cet arbre communique le mouvement au régulateur par un engrenage.

Le régulateur, qui appartient au système dit *américain*, est formé de quatre bielles égales en longueur, qui deux à deux s'articulent à l'une et à l'autre boule, et de part et d'autre, aux extrémités d'un diamètre horizontal.

La douille est surmontée d'une masse pesante de révolution, évidée à l'intérieur, qui entoure, à frottement doux, l'arbre du régulateur; le poids des boules est très-faible par rapport à celui de cette masse. La douille porte une saillie cylindrique qui s'engage dans une cavité de même

---

papes équilibrées nous a donné de bons résultats pratiques, et seule elle nous a permis d'obtenir les avantages suivants :

1° Distribution franche et essentiellement rationnelle;

2° Grande docilité ou facilité de manœuvre, arrêt et mise en marche instantanée et sans aucun effort (souvent l'apprenti machiniste, de douze à quinze ans, change la marche des machines, dont les soupapes ont de 0,400 à 0,500 de diamètre);

3 Réparations beaucoup moins fréquentes et considérablement moins coûteuses (quelques heures en effet nous suffisent pour redresser et roder des siéges de soupapes là où il fallait plusieurs journées pour faire le même travail de dressage et de rodage de tiroir).

Un exemple entre autres du bon fonctionnement constant des soupapes : le bateau *Mistral* marche depuis 1851; la machine, de 500 chevaux indiqués, à distribution par soupapes, — les soupapes n'ont jamais été changées, — donne les mêmes résultats qu'à cette époque; sa dépense s'est maintenue en moyenne à $1^k,500$ par cheval, y compris l'allumage et les souffleurs, avec des charbons de médiocre qualité.

Lyon, le 16 mars 1876. *L'ingénieur de la compagnie,*
Signé J. PIGUET.

Pour copie conforme :
H. RESAL.

forme ménagée dans une pièce qui est guidée de manière à ne pouvoir se déplacer que dans le sens vertical. Cette pièce, en se déplaçant, entraîne dans son mouvement un levier droit dont l'axe, qui est horizontal, est placé sur un cylindre creux en fonte, fixé au bâti qui entoure l'axe du régulateur. L'une des extrémités du levier est articulée à la tige d'une petite pompe à huile dont le piston est percé de trous ; l'autre à une tige verticale articulée elle-même, vers le bas, à une manivelle calée sur un arbre O_3 (*arbre de détente*), parallèle à l'arbre de couche O_1.

Nous étudierons plus loin le régulateur américain au point de vue des avantages qui le caractérisent.

La pompe à huile a pour effet, lorsqu'elle vient à fonctionner : 1° de s'opposer à une variation brusque de vitesse, par suite de la résistance qu'éprouve le piston lorsque le liquide le traverse (perte de force vive) ; 2° de supprimer les oscillations qu'éprouveraient les boules lorsque la vitesse vient à varier.

La tige de chaque soupape est articulée à un levier coudé mobile autour d'un axe supporté par le bâti ; l'autre extrémité du levier est articulée à une pièce commandée par l'arbre de couche ci-dessus spécifié.

Pour chacune des soupapes d'échappement, cette pièce est une barre terminée par un galet et soutenue par une bielle à laquelle elle est articulée ; cette bielle est mobile autour d'un axe supporté par le bâti. Une came formée de deux parties cylindriques, de rayons différents qui se raccordent, est montée sur l'arbre de couche O_1, et reste en contact avec le galet. La soupape n'est ouverte que lorsque la partie cylindrique du plus grand rayon touche le galet.

La branche extérieure O_2a du levier coudé, mobile autour de l'axe O_2, de chacune des soupapes d'admission est articulée à une tringle qui se termine d'autre part par un châssis. Ce châssis est relié, par une petite bielle bb', dou-

blement articulée, à une manivelle O_2b calée sur l'arbre de détente O_1. La barre *eq* d'un excentrique O_1e circulaire monté sur l'arbre O_2 est formée de deux flasques distancées l'une de l'autre. L'entretoise qui relie leurs extrémités porte en son milieu une sorte d'olive mobile autour de l'axe de figure de cette entretoise, qui présente une ouverture dans laquelle s'engage la tringle ci-dessus. Deux taquets en acier sont respectivement fixés au châssis et aux flasques dans l'intervalle qui les sépare, et c'est seulement pendant la durée du contact des taquets que l'admission a lieu.

Avant d'aller plus loin nous ferons remarquer que, d'après les dispositions ci-dessus décrites, les soupapes sont brusquement et largement ouvertes ou fermées, et que les chutes de pression pendant l'admission, et les augmentations de contre-pression, lors de l'échappemement, dues aux étranglements dans les machines ordinaires, sont ici pour ainsi dire supprimées. Il faut ajouter que la période de compression se trouve ici complétement éliminée.

Revenons à la distribution.

Supposons que la vitesse de la machine reste constante ; la position O_1b de l'arbre de détente est fixe tant que la rencontre des taquets n'a pas lieu ; la position de ce bras de levier O_2a de la soupape est également invariable sous l'action du ressort à boudin. On voit ainsi que le système formé par le bras de levier O_2a, la bielle bb', la tringle de détente et son châssis, reste invariable, et que la loi du mouvement de la barre de l'excentrique est la même que celle d'une bielle ordinaire dont l'extrémité serait assujettie à parcourir une droite fixe.

Quant le taquet de la barre vient en contact avec l'autre taquet, le châssis se trouve entraîné, sa tringle exerce sur le levier de la soupape un effort de traction qui détermine l'ouverture de l'orifice d'admission.

Si les boules du régulateur, par suite d'une accélération de mouvement, viennent à s'écarter de l'arbre auquel elles

Q le poids de la masse qui repose sur la douille;

α l'angle que forme chaque bielle avec la verticale, lorsque la vitesse angulaire de ces boules est w;

α_0 la valeur de cet angle correspondant à la vitesse du régime w_0;

$\mp p$ l'effort que supporte la douille lorsqu'elle est sur le point de se déplacer, correspondant aux vitesses w_2 et w_1;

a la longueur des bielles;

Le principe du travail virtuel conduit facilement à la relation

$$(1) \qquad \frac{P}{g} a w^2 \cos \alpha - (P+Q) \mp p = 0,$$

et comme $p = 0$ pour $w = w_0$, on a

$$(2) \qquad w_0^2 = \frac{g}{a \cos \alpha_0} \left(1 + \frac{Q}{P}\right).$$

La formule (1) donne par suite:

$$w_2 = w_0 \sqrt{1 + \frac{p}{P+Q}},$$

$$w_1 = w_0 \sqrt{1 - \frac{p}{P+Q}}.$$

Comme le rapport $\frac{p}{P+Q}$ est très-petit, on peut prendre très-approximativement:

$$w_2 = w_0 \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{p}{P+Q}\right),$$

$$w_1 = w_0 \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p}{P+Q}\right),$$

et l'on a pour le degré de sensibilité du régulateur:

$$\frac{w_2 - w_1}{w_0} = \frac{p}{P+Q}.$$

On voit ainsi que le régulateur dont nous nous occupons

peut être doué d'une sensibilité aussi grande que l'on veut en donnant à Q une valeur convenable.

En faisant en sorte que l'admission soit supprimée pour une valeur de α, très-peu différente de α_0, la vitesse angulaire de l'arbre moteur ne variera relativement, ou du moins à très-peu près, qu'entre les limites très-rapprochées l'une de l'autre $\frac{1}{2}\frac{p}{P+Q}$, $-\frac{1}{2}\frac{p}{P+Q}$, de sorte que l'on obtiendra sensiblement le même résultat que si le régulateur était isochrone.

Le régulateur américain offre de plus cet avantage que, par l'effet de la grande masse Q, les oscillations des boules résultant d'un changement de vitesse sont très-faibles; de plus elles sont détruites presque immédiatement par le modérateur à huile.

Nous allons maintenant étudier avec quelques détails le mécanisme au moyen duquel la détente se produit.

Dans la réalité la bielle bb' est un peu plus longue que O_2a; mais en vue de simplifier nos formules, nous négligerons la différence et nous poserons $bb' = O_2a = r$.

Comme d'après la disposition adoptée, le point b, sous l'action du régulateur, ne doit se déplacer que de très-peu de part et d'autre de la droite O_2O_3, la longueur bO_2 n'éprouve pas de variations sensibles, et nous la supposerons constante et égale à $ab' = a$.

La figure O_2abb' restera donc constamment pour nous un parallélogramme qui différera très-peu d'un rectangle, tant que la soupape restera fermée.

Soient θ l'angle dont a tourné la manivelle motrice, à partir de l'un de ses points morts;

$\theta + \gamma$ l'angle que forme l'excentrique O_1e avec la droite O_1O_2;

β l'angle déterminé par cette droite avec ab', angle qui reste constant tant que les boules se trouvent à la même hauteur;

d la distance O_1O_2 ;

e l'excentricité O_1e ;

$\varepsilon = O_1I$ la perpendiculaire abaissée du point O_1 sur la droite ab' ;

l la longueur *eq* de la barre de l'excentrique ;

i l'angle eqO_1.

Nous supposerons que le rapport variable $\frac{\varepsilon}{l}$ reste de l'ordre du rapport très-petit $\frac{e}{l}$ dont nous négligerons la seconde puissance.

On a :

$$(\text{A}) \ldots\ldots\ldots \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = d \sin\beta - r \sin(\omega - \beta), \\ \sin i = \dfrac{e \sin(\theta + \gamma - \beta) - \varepsilon}{l}, \\ \text{I}a = d \cos\beta + \gamma \cos(\omega - \beta). \end{array} \right.$$

Considérons d'abord la période dans laquelle les deux taquets ne sont pas en contact ; soient *m* et *n* les points où ils sont respectivement fixés sur *eq* et ab' ; m' la projection de *m* sur ab', $\lambda = me$, $\mu = an$.

On a, au degré d'approximation convenu :

$$(\text{B}) \left\{ \begin{array}{l} \text{I}m' = \lambda + e \cos(\theta + \gamma - \beta), \\ \text{I}n = \text{I}a - \mu = d \cos\beta + r \cos(\omega - \beta) - \mu, \\ mm' = (l - \lambda) \sin i = \dfrac{l - \lambda}{l} [e \sin(\theta + \gamma - \beta) - d \sin\beta + r \sin(\omega - \beta)]. \end{array} \right.$$

Pour que les taquets viennent se rencontrer, il faut que les longueurs $\text{I}m'$ et $\text{I}n$ soient égales, ou que la valeur correspondante θ' de θ satisfasse à l'équation

$$(\text{C}) \qquad e \cos(\theta' + \gamma - \beta) = d \cos\beta + r \cos(\omega - \beta) - \lambda - \mu,$$

équation que nous ne nous arrêterons pas à discuter.

Soient *h* et *k* les distances respectives des bords supérieurs des taquets *m* et *n* à *eq* et ab' ; h', k' les distances semblables relatives aux bords inférieurs.

Pour que les taquets puissent se rencontrer, il faut que l'on ait pour $\theta = \theta'$,

$$mm' < h + k,$$

ou que

$$\text{(D)} \quad \frac{(l-\lambda)}{l}[e\cos(\theta' + \gamma - \beta) - d\sin\beta + r\sin(\omega - \beta)] < h' + k.$$

Les deux taquets se quitteront lorsque l'on aura $-mm' = h + k'$, en même temps que $\mathrm{I}m' = \mathrm{I}n$. Soient θ'' et ω'' les valeurs correspondantes de θ et ω. On aura pour déterminer ces deux angles les deux équations :

$$\text{(E)} \left\{ \begin{array}{l} e\sin(\theta'' + \gamma - \beta) - d\sin\beta + r\sin(\omega'' - \beta) = -\dfrac{l}{l-\lambda}(h + k'), \\ e\cos(\theta'' + \gamma - \beta) - d\cos\beta - r\cos(\omega'' - \beta) + \lambda + \mu = 0, \end{array} \right.$$

équations qui donnent la solution complète du problème.

Le 16 mars 1876.

RAPPORT

A M. LE MINISTRE DE LA MARINE ET DES COLONIES

SUR

LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE

ET LES

RICHESSES MINÉRALES DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

Par M. Émile HEURTEAU, ingénieur des mines.

La mission en Nouvelle-Calédonie dont M. le Ministre de la marine et des colonies m'a fait l'honneur de me charger, avait deux objets. Je devais, en premier lieu, étudier la constitution géologique de l'île et particulièrement des districts où a présence de richesses minérales aurait été signalée; examiner les gisements miniers récemment découverts, et me rendre compte autant que possible de leur nature et de leur importance; recueillir enfin toutes les indications de nature à provoquer de nouvelles recherches. Je devais, en outre, pendant mon séjour en Nouvelle-Calédonie, me mettre à la disposition de l'administration locale pour l'étude des questions relatives au développement de l'industrie des mines dans notre colonie.

Je n'ai pas à m'étendre ici sur ce qui a rapport à cette seconde partie de ma mission. Elle a eu pour résultat la présentation d'un projet de réglementation générale des mines en Nouvelle-Calédonie, qui fut adopté par l'administration locale par arrêté du gouverneur en date du 13 septembre 1873.

En dehors du temps employé à la préparation de ce

projet d'arrêté et à l'étude des dispositions transitoires propres à en assurer l'exécution, toute la durée de mon séjour en Nouvelle-Calédonie fut consacrée à parcourir les différentes parties de l'île. J'ai cherché d'abord à me faire une idée d'ensemble sur sa constitution géologique, et à circonscrire les régions sur lesquelles devait porter un examen plus approfondi. Je me suis ensuite attaché à visiter ces régions en détail, en les étudiant aussi complétement que le permettait la nature de la contrée. Les mines d'or et les mines de cuivre du nord de l'île, les gisements de charbon de la côte ouest, les minerais de fer, de chrome, de nickel du massif du mont Dore devaient être naturellement l'objet d'un examen spécial.

En rendant compte du résultat de ces études, je devrai souvent renvoyer le lecteur à l'examen des échantillons de roches et de minerais que j'ai recueillis au cours de mes explorations, et dont la collection est déposée à l'exposition permanente des colonies.

PREMIÈRE PARTIE.

Description générale de la constitution géologique de la Nouvelle-Calédonie.

Considérations générales. — On possède déjà des notions générales sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie, grâce au mémoire publié en 1867 par M. Jules Garnier dans les *Annales des mines* et à la collection déposée à la même époque par cet ingénieur à l'exposition permanente des colonies.

Ces premières études, ayant pour objet une contrée vierge, particulièrement difficile à parcourir, et jusqu'alors presque fermée aux plus intrépides explorateurs, devaient

présenter nécessairement bien des lacunes. Malgré ces difficultés, de nombreuses explorations avaient permis à M. Garnier de recueillir beaucoup d'observations importantes sur la géologie des différentes parties de la Nouvelle-Calédonie, et de réunir ainsi un ensemble de notions suffisant pour se faire une idée assez nette de la structure générale de l'île. C'était une première reconnaissance de notre colonie au point de vue géologique, point de départ indispensable des études ultérieures.

Bien que l'occupation européenne ait aujourd'hui de plus profondes racines en Nouvelle-Calédonie, et que la presque totalité de l'île soit ouverte à la colonisation, on doit s'en tenir encore dans les recherches géologiques à des travaux de reconnaissance et à des aperçus d'ensemble. Pour aborder les questions de détail, pour chercher à se rendre un compte précis de la succession des formations géologiques et de leurs relations, on rencontrerait, en raison de la difficulté extrême des communications, des obstacles presque insurmontables. On manquerait surtout de l'instrument indispensable de toutes les études géologiques, à savoir d'une carte ou au moins d'une esquisse topographique quelconque de la contrée. L'hydrographie des côtes de la Nouvelle-Calédonie est aujourd'hui presque entièrement représentée sur les cartes marines dans ses plus minutieux détails. Mais, en dehors du littoral, on possède bien peu de données précises sur l'orographie et même sur la géographie de l'île. Les travaux du service topographique sont restés jusqu'à présent circonscrits au voisinage des principaux centres de colonisation; ils sont d'ailleurs exclusivement dirigés au point de vue du cadastre, et ils ne fournissent, en dehors de la planimétrie, aucune cote de hauteur qui fasse connaître le relief du sol. On est donc encore loin de pouvoir apporter quelque précision dans l'étude géologique de la Nouvelle-Calédonie, et l'on ne peut même dans les régions les mieux connues chercher à re-

présenter les résultats acquis sous la forme d'une carte géologique.

La mission dont nous étions chargé en Nouvelle-Calédonie comportait spécialement l'examen de ses richesses minérales. Mais, avant d'étudier en détail les districts miniers, nous avons dû diriger nos premières explorations de manière à prendre au moins une vue d'ensemble de l'île et à acquérir une idée générale de sa constitution géologique. Il était surtout important, en vue de l'avenir des exploitations minérales dans notre colonie, de rechercher les analogies qui peuvent exister entre la Nouvelle-Calédonie et les colonies australiennes.

Les formations géologiques que l'on observe en Nouvelle-Calédonie sont de nature très-complexe. Leur étude complète et approfondie nécessiterait de longues recherches et de minutieuses observations. Mais si l'on s'en tient aux grandes masses, il est aisé d'y distinguer un petit nombre de groupes bien déterminés et faciles à reconnaître sur le terrain. Comme l'a très-justement fait observer M. Garnier, l'aspect de la contrée suffit le plus souvent à caractériser chacun de ces groupes, et il est facile de cette manière de se faire assez promptement une idée générale de la constitution géologique des différentes parties de l'île. Nous allons passer successivement en revue et décrire sommairement chacune de ces grandes divisions.

Formation serpentineuse. — On sait que la Nouvelle-Calédonie forme au-dessus de l'océan Pacifique une longue et étroite crête montagneuse dirigée du N.-O. au S.-E. Elle doit principalement son relief à une puissante formation de roches serpentineuses, qui paraît avoir joué un rôle prépondérant dans l'histoire géologique de l'île.

Les serpentines se sont principalement épanchées dans la partie méridionale de l'île. Toute la région située au sud de Nouméa, à partir du mont Dore, en est exclusivement formée.

Elles se présentent sous la forme de gros massifs arrondis, tels que le mont Dore, dont l'aspect est caractéristique. La composition de cette formation n'est pas homogène; il arrive qu'au milieu des serpentines en masse, on rencontre de puissants amas d'argiles jaspoïdes; l'action des eaux y a creusé de profonds sillons qui se détachent en longues taches bariolées sur la croupe rougeâtre des montagnes. Ailleurs on rencontre des masses ferrugineuses et scoriacées, dont les blocs forment sur les pentes de la montagne d'énormes entassements.

Cette formation de serpentines occupe toute la partie méridionale de l'île. Elle se prolonge sur la côte E. jusqu'à la hauteur de Ouaïlou, un peu au N. de Kanala, c'est-à-dire sur la moitié de la longueur de l'île. Toute cette partie de la côte est bordée par de puissants massifs aux flancs rugueux et rougeâtres, qui sont formés de roches serpentineuses. Derrière ces masses éruptives on rencontre, en pénétrant dans l'intérieur, des schistes serpentineux et des schistes feldspathiques plus ou moins métamorphisés, qui constituent la chaîne centrale de l'île, et au milieu desquels s'épanouissent encore çà et là des îlots de serpentine.

Cette même formation s'étend sur la côte S.-O. depuis la baie du sud jusqu'au mont Dore. Au nord de la baie de Boulari elle s'éloigne assez rapidement de la mer; au pied de ses derniers contre-forts s'étend une bande de terrains stratifiés et métamorphiques au milieu desquels se trouvent des couches de charbon; très-étroite au pied du mont Dore, cette bande de terrains sédimentaires s'élargit au nord, le long de la baie de Saint-Vincent et sur le territoire d'Ourail; plus au nord encore, au delà de Bourail, on voit de nouveau apparaître près de la mer les massifs serpentineux; ils forment sur la côte N.-O., et jusqu'à la pointe septentrionale de l'île, une série de grosses montagnes isolées ayant souvent la forme de dômes et présentant toujours le même aspect caractéristique. Tels sont entre autres : le piton Katéate,

le mont Tahaté et le mont Katépahié, au-dessus de la baie de Gatope; le sommet Taom, le pic Homédéboua, le piton Tziba, au-dessus de Gomen; le mont Kaala, et le piton Pandop au-dessus de Koumac; le dôme de Tiébaghi et le massif qui forme la presqu'île Poum dans la baie de Banaré. Toute la côte depuis le cap Devert jusqu'à la pointe septentrionale, toutes les îles du littoral, et toutes celles qui s'étendent au nord de la grande terre jusqu'à l'île Bélep sont en grande partie formées par des plateaux serpentineux qui s'étendent au pied des sommets éruptifs.

Si donc nous voulions marquer approximativement sur une carte géologique les limites de la formation serpentineuse en Nouvelle-Calédonie, elle devrait occuper en premier lieu toute la largeur de l'île, depuis son extrémité méridionale jusqu'à la moitié environ de sa longueur, à l'exception d'une bande étroite qui s'étendrait le long de la côte O. et qui se terminerait en pointe au pied du mont Dore. Elle y serait représentée : 1° par les grands massifs éruptifs qui s'épanouissent sur toute la longueur de l'île au sud de Boulari et qui bordent la côte E. jusqu'à Ouaïlou; 2° par les schistes serpentineux qui forment la chaîne centrale, et au milieu desquels on rencontre à chaque pas la roche éruptive. Dans la partie septentrionale, les serpentines qui forment l'arête de l'île s'enfoncent de plus en plus sous les terrains anciens, et les schistes serpentineux disparaissent sous les schistes ardoisiers et les schistes feldspathiques. L'influence des serpentines s'y fait cependant sentir encore par places; en étudiant la vallée du Diahot, nous y verrons les schistes serpentineux et même les serpentines reparaître au jour, au milieu même des schistes ardoisiers et des micaschistes; de même M. Garnier signale la présence des serpentines au milieu des schistes ardoisiers à Ouagap. En dehors de ces manifestations isolées, les serpentines devraient être représentées sur la côte N.-O., à partir du cap Goulvain, par une série d'îlots éruptifs qui, du cap Devert

jusqu'à la pointe N. de l'île, formeraient une bande presque continue.

Les limites de la formation serpentineuse étant ainsi approximativement indiquées, il nous reste à étudier en dehors d'elle deux régions géologiques distinctes. L'une, la plus étendue, occupe toute la partie N.-E. de l'île, entre la mer et les massifs serpentineux qui bordent la côte N.-O. Elle s'étend au sud jusqu'à la hauteur de Ouaïlou et s'appuie au S.-O. sur les schistes serpentineux et sur les serpentines qui forment la chaîne centrale de l'île. La seconde région s'étend sur la côte O. et S.-O. suivant une zone étroite aux pieds de la formation serpentineuse.

Micaschistes. — La première de ces deux régions est entièrement occupée par des micaschistes et par des terrains anciens.

Les micaschistes s'étendent sur toute la pointe N.-E. de l'île. Ils apparaissent sur la côte E., entre Jenghen et Panié, où M. Garnier a pu observer leur contact avec les schistes ardoisiers qui les surmontent.

A partir de ce point, on peut les observer sur tout le littoral jusqu'au nord de l'île. Ils forment la chaîne de montagnes assez élevées qui séparent la vallée du Diahot de la mer. Cette chaîne est dirigée du N.-O. au S.-E., c'est-à-dire suivant la direction générale de l'éruption serpentineuse. Les micaschistes dont elle se compose ont leurs feuillets très-inclinés et orientés au N. 20° E., presque perpendiculairement à la ligne de faîte. Ils contiennent un grand nombre de veines lenticulaires de quartz, parfois assez abondantes pour former de puissants amas. Plus résistants que les micaschistes, ces amas quartzeux, qui paraissent être subordonnés à la direction N.-O. S.-E. de l'éruption serpentineuse, ont été respectés par les érosions, et ils jalonnent en quelque sorte le sommet de la chaîne. L'action des eaux, s'exerçant perpendiculairement à la ligne

de faîte suivant la direction des micaschistes, y a creusé des vallées qui s'élargissent rapidement en descendant vers la mer, et que séparent des contre-forts en dos d'âne dont un des versants est ordinairement formé par un plan de stratification des schistes. Vu de la mer, le profil de cette chaîne se dessine en silhouette sous la forme d'une ligne généralement horizontale, avec des ondulations qui correspondent aux points d'attache des contre-forts, les parties convexes étant formées par des masses quartzeuses dont on distingue la couleur blanche. De cette ligne de faîte on descend vers la mer par une série de glacis inclinés et disposés en gradins. Les régions supérieures sont désolées et stériles; les micaschistes, décomposés et ravinés par les eaux, y forment des escarpements d'argile ferrugineuse rouge brique. Plus bas la pente devient plus douce, et le sol moins ingrat se couvre de beaux pâturages. Sur les versants des derniers contre-forts, découpés en gradins par les indigènes, s'étagent de belles cultures; enfin au pied des dernières pentes une bande d'alluvions fertiles s'étend jusqu'à la mer.

Schistes ardoisiers. — De part et d'autre de la zone occupée par les micaschistes, on rencontre au-dessus d'eux les schistes ardoisiers. Sur la côte E., ils apparaissent au S. de Panié et ils s'étendent jusqu'au cap Bocage. Ils forment une série de crêtes en dos d'âne, parallèles entre elles, qui courent très-obliquement à la côte dans la direction du N.-N.-E., et entre lesquelles s'ouvrent de riches vallées. Leurs premiers plans descendent vers la mer en pente douce et sont couverts de cultures. D'après M. Garnier, qui a visité et décrit cette partie de la côte, ces schistes ardoisiers fusibles sont très-fendillés, sillonnés de veines quartzeuses, souvent très-plissés et contournés, ailleurs comme à Houagap divisés en feuillets réguliers et pouvant être employés comme ardoises. L'éruption serpentineuse

a pénétré par places au milieu de ces schistes, qui se transforment alors en schistes serpentineux. A leur partie supérieure, les schistes ardoisiers passent à des schistes argileux en plaquettes, infusibles, souvent colorés en rouge par l'oxyde de fer.

Du côté de l'ouest, les micaschistes sont de même recouverts par les schistes ardoisiers. Si partant de la côte E. on s'élève au-dessus de la chaîne des micaschistes qui bordent la mer pour passer dans la vallée du Diahot, on rencontre les schistes ardoisiers sur le versant occidental de cette même chaîne. Les schistes feldspathiques et argileux leur succèdent; des filons de quartz, des dykes de roches serpentineuses et amphiboliques traversent toute cette formation que nous aurons à étudier en détail. C'est la région des mines d'or et des mines de cuivre.

Calcaires cristallins. — Une formation très-remarquable de calcaires cristallins est intercalée dans les schistes ardoisiers. Elle est très-importante à considérer, parce qu'elle permet d'établir la concordance des deux séries de schistes ardoisiers que l'on rencontre de part et d'autre des micaschistes sur la côte E. et dans la vallée du Diahot.

La *fig.* 1, Pl. VII, représente l'aspect de la côte orientale au sud de Jenghen. Des bandes de collines schisteuses courent obliquement à la côte; dans leurs intervalles se dressent des côtes rocheuses, noires, dentelées, à parois abruptes et souvent caverneuses, d'aspect caractéristique. Elles sont formées par des calcaires cristallins très-siliceux, dénudés et découpés irrégulièrement par l'action des eaux. Les roches remarquables connues sous le nom de Tours de Notre-Dame, qui s'élèvent à l'entrée du port de Jenghen, font partie d'une de ces lignes rocheuses. On retrouve ces calcaires sous le même aspect sur la rive gauche du Diahot.

En quelque point qu'on traverse la chaîne de montagnes qui sépare ce fleuve de la côte occidentale de l'île, on ren-

contre les roches calcaires, identiques d'aspect à celles de Jenghen, au-dessus des schistes ardoisiers. Elles s'étendent parallèlement à la direction de la chaîne et à la stratification des schistes, suivant une zone régulière de près d'un kilomètre d'épaisseur. Comme à Jenghen, ces calcaires cristallins, plus résistants que les schistes à l'action des agents atmosphériques et attaqués eux-mêmes inégalement en raison de la non-homogénéité de leur composition, forment au-dessus de la rive gauche du Diahot des masses rocheuses déchiquetées dont la plus remarquable est la roche Mauprat, qui se dresse au-dessus de la vallée près de l'embouchure du fleuve.

En l'absence de restes organiques, ce niveau calcaire fournit un point de repère précieux à considérer et facile à reconnaître sur le terrain au milieu de la formation des schistes. Ces calcaires sont recouverts par des schistes argileux qui descendent sur la côte E. jusqu'à Ouaïlou; sur la côte N.-O., ces mêmes schistes argileux, souvent accompagnés de veines et de dykes de quartz, s'étendent entre les roches calcaires et les massifs serpentineux qui bordent la côte.

En s'en tenant à ces considérations générales, et en faisant abstraction des perturbations locales dues à l'injection des roches éruptives, la constitution géologique de la partie N. et N.-E. de la Nouvelle-Calédonie est donc assez régulière et facile à saisir.

Si l'exploration du pays était assez complète pour permettre de fixer avec quelque précision les limites des différentes formations et de les représenter par une carte géologique, toute la pointe N.-E. de l'île, entre la vallée du Diahot et la mer, y serait occupée par les terrains cristallins. Ceux-ci seraient flanqués, à l'E. et à l'O., par les schistes ardoisiers et feldspathiques. Deux bandes rec-

tilignes de calcaires cristallins mettraient en relief la symétrie des deux zones.

En remontant la vallée du Diahot vers le S.-O., et en s'élevant ainsi sur l'arête centrale de l'île, on pénétrerait dans une région qui est encore aujourd'hui complétement inexplorée. On y verrait sans doute les deux zones de schistes ardoisiers se réunir un instant au centre de l'île, au-dessus des micaschistes. En continuant à suivre l'axe moyen de l'île dans la direction du S.-O., la formation serpentineuse, dont le prolongement apparaît au milieu des schistes jusqu'à l'embouchure du Diahot, se développerait de plus en plus et deviendrait dominante. A la hauteur de Jenghen et de Gatope, la chaîne centrale est presque exclusivement formée par les serpentines et par leur cortége de schistes serpentineux, au-dessus desquels subsistent encore des lambeaux de schistes ardoisiers. Cette arête centrale serpentineuse divise les deux formations schisteuses de la côte N.-O. et de la côte E. dont nous avons indiqué la concordance : sur la côte E., les schistes feldspathiques descendent jusqu'à la hauteur de Ouaïlou ; au-dessous de ce point, les serpentines s'étendent jusqu'à la mer. Sur la côte O., les schistes ardoisiers et les schistes feldspathiques, formant manteau au-dessus des serpentines, se continuent sur presque toute la longueur de l'île. Il nous reste, pour achever cette description d'ensemble, à indiquer les caractères généraux de cette dernière zone.

Terrains stratifiés et métamorphiques de la côte O. — Comme nous venons de l'indiquer, les schistes feldspathiques descendent le long de la côte O. au pied des serpentines jusque vers le S. de l'île.

Leur identité y peut être constatée par la présence à leur base de calcaires cristallins semblables à ceux de Jenghen et de la Roche Mauprat. Cette bande calcaire s'étend, comme nous l'avons vu, depuis la Roche Mauprat, dans la direction

du S.-O. On peut la suivre sans discontinuité jusqu'au-dessous de Gomen. Entre Koumac et Gomen, on voit de la mer, derrière les gros massifs serpentineux qui occupent le premier plan, la formation schisteuse s'étager jusqu'au pied des roches calcaires qui forment au fond du tableau et parallèlement à la côte une haute muraille continue et taillée à pic. Plus au S. cette formation est moins régulière; les phénomènes éruptifs en ont troublé la continuité, et des terrains plus récents recouvrent ses affleurements. Nous avons pu cependant encore observer les calcaires cristallins, très-nettement caractérisés par leur aspect et par leur nature, en divers points de la côte O. et jusque vers le S. de l'île, à savoir : au S. de Bourail, à l'île Ducos, et dans la vallée de la Dumbéa. Il suffit de jeter les yeux sur les échantillons 123 à 131 de notre collection pour se convaincre que cette formation calcaire, qui nous servira de niveau de comparaison à la base des schistes feldspathiques, est parfaitement semblable à elle-même aux différents points où nous l'avons observée.

Mélaphyres. — Sans la présence de ces calcaires, il serait difficile de constater l'identité des schistes feldspathiques métamorphisés de nature très-variable qui s'étendent sur la côte O. et S.-O. Ces phénomènes métamorphiques sont dus : d'une part à la formation serpentineuse, d'autre part à un épanchement de mélaphyres et de tufs mélaphyriques qui donnent un caractère particulier à cette région. Ces mélaphyres s'étendent sur toute la côte O. et S.-O., depuis Gatope jusqu'à Nouméa. Ils forment au bord de la mer une sorte de bourrelet sur lequel vient s'appuyer toute la formation des schistes métamorphiques, qui sont uniformément dirigés du N.-O. au S.-E. avec prolongement vers l'E., et qui semblent ainsi buter contre le massif serpentineux. Reposant sur les schistes feldspathiques métamorphiques, ou en contact direct avec les mélaphyres, notamment à l'île Ducos et sur le territoire d'Ourail, on rencontre par places

es couches triasiques que M. Garnier a étudiées à l'île Ducos et que caractérisent des fossiles identiques à ceux de couches analogues de la Nouvelle-Zélande. Enfin les terrains carbonifères s'étendent suivant une bande étroite et discontinue dans l'espace en fond de bateau formé à l'O. par les mélaphyres et les schistes métamorphiques, à l'E., par les derniers contre-forts de la chaîne centrale.

Nous n'insistons pas maintenant sur la description générale de cette zone; l'épanchement des mélaphyres y a donné lieu à des phénomènes de métamorphisme très-variés, qui demandent à être étudiés en détail, et auxquels se rattache la formation des schistes noduleux des schistes bréchoïdes et des brèches dont la présence caractérise toute cette partie S.-O. de l'île. Nous aurons d'ailleurs à décrire tout spécialement cette région lorsque nous aborderons l'étude des gisements de charbon qu'elle renferme.

Division de la Nouvelle-Calédonie en régions géologiques. — Cette première vue d'ensemble que nous venons de prendre de la constitution de la Nouvelle-Calédonie nous y a fait reconnaître trois régions géologiques bien distinctes. Ce sont :

1° La grande formation serpentineuse qui forme, pour ainsi dire, l'ossature de la contrée;

2° Les terrains cristallins et les terrains anciens du N. et du N.-E. de l'île;

3° Les mélaphyres, les couches métamorphiques et les lambeaux de terrains sédimentaires plus récents de la côte O. et S.-O.

Au point de vue de l'exploitation des richesses minérales, chacune de ces régions présente un intérêt particulier. Les gisements d'or et de cuivre actuellement exploités en Nouvelle-Calédonie sont encaissés dans les terrains anciens du N. de l'île. Aux massifs serpentineux correspondent les minerais de fer, de chrome et de nickel.

Enfin des gisements de charbon ont été reconnus et explorés sur la côte S.-O. Nous avions à étudier spécialement chacune de ces catégories de gîtes minéraux. Cet examen détaillé, dont nous allons maintenant rendre compte, nous permettra donc d'observer de plus près les différentes formations géologiques dont nous avons essayé de reconnaître l'étendue, et dont nous avons esquissé à grands traits les caractères généraux.

Relations géologiques entre la Nouvelle-Calédonie et la Nouvelle-Zélande. — Avant d'aborder ces études de détail, il est utile d'ajouter quelques considérations générales au sujet des relations qui peuvent exister au point de vue géologique entre la Nouvelle-Calédonie et les îles ou les continents voisins, notamment avec l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

Ces relations sont très-importantes à observer, elles peuvent fournir de précieux points de comparaison pour l'étude des formations géologiques et des gisements minéraux en Nouvelle-Calédonie.

Depuis longtemps M. Clarke, dont les travaux font autorité dans toutes les questions relatives à la géologie de l'Australie et des contrées voisines comprises dans la dénomination plus générale d'Australasie, a signalé des analogies entre la constitution de la Nouvelle-Calédonie et celle de la Nouvelle-Zélande. Si nous prolongeons la ligne de faîte de la Nouvelle-Calédonie, dans la direction du S.-E., nous atteignons la pointe septentrionale de la Nouvelle-Zélande, dont la partie située au N. de l'isthme d'Auckland forme une longue presqu'île alignée précisément suivant cette même direction. Ces relations de position acquièrent une grande importance par leurs rapports avec les mouvements généraux d'oscillation du sol, qui s'étendent à toute la région du Pacifique, et dont l'étude des formations de corail permet de se rendre compte.

Comme presque toutes les îles du Pacifique, la Nouvelle-Calédonie est entourée de tous côtés par une ceinture de coraux. Cette ligne de récifs, qui s'étend à une distance d'au moins 7 ou 8 milles de la côte, se prolonge dans la direction du N.-N.-O. au delà de la pointe supérieure de l'île sur une longueur d'environ 150 milles. Or, on sait aujourd'hui, par les travaux de MM. Darwin et Dana, comment l'existence des îles et des récifs de corail est liée aux mouvements lents de soulèvement ou d'affaissement du sol, à ce point que le sens et l'intensité de ces mouvements d'oscillation dans les régions tropicales sont attestés par la présence des formations de corail, par leur nature, et par leur mode de répartition sur la surface de l'Océan.

D'une part, les mouvements de bas en haut font surgir les bancs de corail au-dessus du niveau auquel ils peuvent se former; d'autre part, les affaissements lents et progressifs du sol déterminent la formation autour des côtes d'une ceinture de récifs, dont la distance au rivage permet dans une certaine mesure d'apprécier l'amplitude de la dépression correspondante; ces ceintures de corail deviennent des *atolls*, lorsque le mouvement se prolonge assez pour submerger entièrement les plus hauts sommets de l'île autour de laquelle les bancs de corail ont pris naissance.

Étudiées d'après ces principes, les formations de corail de l'océan Pacifique témoignent d'un mouvement général d'affaissement sur toute l'étendue de cette région. Ce mouvement est général, mais son intensité n'est pas uniforme. Les zones de dépression maximum et de dépression minimum sont disposées parallèlement et dirigées du N.-O. au S.-E., de sorte que la croûte terrestre paraît s'être affaissée en oscillant autour d'une série d'axes parallèles à cette direction. Une de ces zones de dépression maximum aurait pour axe une ligne menée des îles Pomotou au Japon; une seconde ligne analogue devrait être tracée entre la Nouvelle-Calédonie et l'Australie. D'après le professeur

Dana (*), on ne saurait évaluer l'amplitude de ce mouvement de haut en bas, dans certaines parties de l'océan Pacifique, à moins de 9 à 10.000 pieds; elle serait de 2.000 pieds au moins dans les parages de la Nouvelle-Calédonie.

Ce mouvement général d'affaissement est, du reste, indépendant des phénomènes volcaniques et des soulèvements locaux qui ont fait surgir des îlots de corail à une grande hauteur au-dessus du niveau de la mer; les îles Loyalty, voisines de la Nouvelle-Calédonie, sont dues à un phénomène local de ce genre.

Nous sommes ainsi amenés à considérer les groupes d'îles épars au milieu de l'océan Pacifique comme les derniers vestiges d'un continent entraîné depuis une longue période par un mouvement général d'affaissement. Seules les plus hautes cimes, entourées de leur ceinture de récifs, s'élèvent encore au-dessus du niveau de la mer; les atolls sont pour nous les témoins des derniers sommets submergés. La Nouvelle-Calédonie paraît être un de ces lambeaux, formé par une crête dirigée du N.-O. au S.-E., c'est-à-dire parallèlement à la direction générale suivant laquelle s'est produit ce mouvement d'affaissement. Les différents groupes d'îles, qui sur toute la surface du Pacifique jalonnent les anciennes lignes de faîte des continents submergés, sont alignés suivant cette même direction. Dans cette hypothèse, la Nouvelle-Calédonie et la Nouvelle-Zélande devraient être considérées comme les débris d'une même chaîne de montagnes dont toutes les parties intermédiaires, à l'exception de quelques points tels que l'île Norfolk et

(*) D'après le professeur Dana, ce mouvement général d'affaissement de la région du Pacifique, remonterait à l'époque glaciaire; il le considère comme étant la contre-partie du grand mouvement de soulèvement dont il admet l'existence dans le nord de l'Amérique au début de cette période. Voir pour plus de développements à ce sujet : *Corals and Coral Islands*, par James Dana, Londres, 1872, pages 364 et suivantes.

les îles King, auraient été submergées ou détruites dans le mouvement général d'affaissement. En raison du climat de la Nouvelle-Zélande, ce mouvement ne peut être attesté sur ses côtes par des formations de corail, mais M. de Hoschstetter a rencontré dans la partie septentrionale de l'île supérieure des indications non équivoques d'un affaissement lent de toute cette région (*).

S'il en est ainsi, on doit s'attendre à trouver de grandes analogies dans la constitution géologique de ces deux pays. Les points de ressemblance sont, en effet, faciles à constater en se reportant aux publications de M. de Hochstetter et à celles du *Geological Survey of New-Zealand.*

La Nouvelle-Zélande se compose de deux grandes îles principales. L'île du nord est occupée dans la moyenne partie de son étendue par des formations volcaniques récentes qui ne sont pas représentées en Nouvelle-Calédonie. C'est dans l'île du sud que nous devons chercher des points de comparaison entre les deux pays. Cette île doit son relief à une chaîne de hautes montagnes dont les principaux sommets s'élèvent jusqu'à 3000 et 4000 mètres. Ces « Southerns Alps » s'étendent du S.-O. au N.-O. sur toute la longueur de l'île du sud et se prolongent même dans l'île du nord en traversant le détroit de Cook. Elles sont formées par des zones de schistes contournés, très-plissés, et redressés dans une position voisine de la verticale, avec plongement alternatif vers l'O. et vers l'E. En jetant les yeux sur la carte publiée en 1869 par le docteur Hector, directeur du *Geological Survey of New-Zealand*, on voit d'abord à la base de cette formation le granite, qui s'étend principalement sur la côte E. et qui perce encore par places au milieu des terrains paléozoïques inférieurs dont les par-

(*) Voir : *Reise der œsterreichischen Fregatte Novara um die Erde*, 1857-1859; *Geologischer Theil, erster Band; Geològie von Neu-Seeland*, pages 7 et suivantes.

ties culminantes de la chaîne sont formées. Au-dessus du granite et des terrains cristallins (gneiss, schistes amphiboliques, quartzites et micaschistes) qui l'accompagent, on distingue :

1° Les terrains paléozoïques inférieurs, formés de schistes ardoisiers chloriteux et micacés, souvent très-contournés et sillonnés de veines de quartz. C'est la région des mines d'or ;

2° Les terrains paléozoïques supérieurs, principalement formés de schistes feldspathiques, de silex, de grès siliceux et de grauwackes ;

3° Enfin une série triasique développée principalement dans la province de Nelson, à l'extrémité N.-E. de l'île, et qui se compose dans l'ordre de superposition des terrains : de calcaires, de schistes feldspathiques et ardoisiers de consistance et de couleurs très-variables (Maïtaï Schiefer de M. de Hochstetter), enfin de grès ferrugineux caractérisés par le Monotis Richmondiana.

Tout cet ensemble de couches est uniformément dirigé du N.-N.-E. au S.-S.-O, c'est-à-dire à peu près parallèlement à la direction générale de la chaîne. Les phénomènes d'érosion et de dénudation, auxquels cette puissante formation schisteuse doit son relief actuel, se sont manifestés vers le milieu de la période secondaire ; depuis lors la forme générale de l'île n'a pas dû sensiblement varier, de telle sorte que les terrains plus récents (secondaires supérieurs, tertiaires et quaternaires) se sont déposés dans les vallées et sur les flancs de cette chaîne. Quoique peu développés, ils sont particulièrement intéressants par la présence de combustibles minéraux de divers genres, houille et charbon brun, dont les gisements correspondent en Nouvelle-Zélande à chacune de ces périodes géologiques.

Des roches éruptives de différents âges ont traversé cette formation schisteuse. On distingue (*) :

(*) Voir notamment : Hochstetter, *Reise der œsterreichischen*

1° Le granite sur lequel repose toute la formation schisteuse ;

2° Des roches dioritiques et diabasiques, compactes, tufacées, ou amygdaloïdes, qui sont intercalées en bancs de puissance variable dans la stratification des couches paléozoïques supérieures, et que M. le D[r] Haast considère comme analogues aux roches diabasiques qui dans le Hartz sont de même intercalées dans les terrains dévoniens et carbonifères ;

3° Une formation plus récente de mélaphyres porphyriques ou amygdaloïdes ; ils sont souvent associés à des brèches, qui traversent la formation paléozoïque ainsi que les étages inférieurs des terrains mésozoïques, et dont la venue au jour est postérieure aux phénomènes de dénudation qui ont modelé le relief actuel de la chaîne. Dans la province de Nelson, ces mélaphyres sont associés à des roches hypersténiques et à des serpentines qui contiennent des gisements de fer chromé. Ils forment une série de dykes parallèles, orientés du N.-E. au S.-O. parallèlement à la direction générale de la chaîne centrale de l'île ;

4° Des porphyres trachytiques quartzifères, souvent grenatifères, postérieurs aux mélaphyres, mais antérieurs aux couches carbonifères, et dont l'axe de soulèvement est orienté E.-O. ;

5° Des dolérites et des basaltes qui sont probablement tertiaires, qui forment des dykes au milieu de la formation carbonifère, et au contact desquels le charbon brun est transformé en anthracite ;

6° Des produits volcaniques récents, acides ou basiques, qui, sur la côte de l'île du sud, forment au pied des Alpes des cônes et des cratères isolés, et qui s'étendent sur la plus grande partie de l'île du nord.

Fregatte Novara; Geologischer Theil, 1[er] *Band*, pages 34 et suivantes. Voir aussi les publications du *Geological Survey of New-Zealand* pour les années 1870, 71, 72.

En Nouvelle-Calédonie, les roches éruptives de l'époque secondaire, serpentines et mélaphyres, sont très-largement représentées. Leur axe de soulèvement paraît être orienté du N.-O. au S.-E. perpendiculairement à la direction constatée en Nouvelle-Zélande, et par conséquent elles peuvent être rapportées au même système. Les autres termes de la série éruptive y font au contraire défaut : peut-être cependant pourrait-on rattacher aux porphyres quartzifères de la Nouvelle-Zélande les porphyres euritiques qui en Nouvelle-Calédonie traversent les couches carbonifères de la côte ouest.

Quant aux terrains sédimentaires, les terrains cristallins, les schistes métamorphiques et les calcaires cristallins du nord de la Nouvelle-Calédonie représentent bien le prolongement de la grande Cordillère schisteuse de la Nouvelle-Zélande ; leur orientation N.-N.-E. S.-S.-O. est restée la même. Mais en Nouvelle-Calédonie ces terrains anciens ne sont plus représentés que par un lambeau isolé, la presque totalité de l'île étant occupée par les roches serpentineuses auxquelles elle doit son relief. En décrivant les terrains secondaires qui s'étendent sur la côte O. de la Nouvelle-Calédonie, nous verrons qu'ils se composent de séries triasiques, caractérisées par des fossiles identiques à ceux des couches correspondantes de la Nouvelle-Zélande, et surmontées aussi par des couches carbonifères appartenant à l'époque secondaire. L'association de ces couches avec les mélaphyres et les serpentines, ainsi que les phénomènes de métamorphisme qu'elles ont subis, établissent entre cette région de la Nouvelle-Calédonie et la province de Nelson en Nouvelle-Zélande des points de ressemblance frappants. Les travaux de M. de Hochstetter et ceux du *Geological Survey of New-Zealand*, sont les meilleurs guides que l'on puisse prendre pour l'étude de la constitution géologique de la Nouvelle-Calédonie.

DEUXIÈME PARTIE.

Région des mines de cuivre et des mines d'or. — Terrains cristallisés et terrains anciens du nord de l'île.

CHAPITRE I.

OROGRAPHIE GÉNÉRALE. — COUPE GÉOLOGIQUE PERPENDICULAIRE À LA VALLÉE DU DIAHOT.

Description générale de la vallée du Diahot. — Les mines d'or et les mines de cuivre exploitées en Nouvelle-Calédonie sont situées dans la vallée du Diahot. Ce grand fleuve se jette dans la baie de Pam, à l'extrémité septentrionale de la Nouvelle-Calédonie. Il coule du S.-E. au N.-O., dans le sens même de la longueur de l'île. L'arête centrale formée par le soulèvement des serpentines, qui occupe toute la largeur de l'île depuis la baie du sud, s'abaisse vers le nord; la ligne de partage des eaux se divise alors en deux branches entre lesquelles s'ouvre la vallée du Diahot. Cette vallée est séparée de la côte N.-E. par des crêtes de micaschistes et de schistes ardoisiers, et de la côte O. par le bourrelet serpentineux qui borde ce littoral depuis Gatope.

Le Diahot est navigable depuis son embouchure, sur un développement d'environ 40 kilomètres, jusqu'au village de Bondé. Au-dessus de ce point le cours supérieur du fleuve est moins connu. La région qu'il traverse est habitée par des tribus nombreuses, encore insoumises, et qui étaient dans des dispositions peu bienveillantes lors de notre séjour dans la vallée du Diahot, de sorte que nous avons dû restreindre nos investigations de ce côté. D'après le récit des rares explorateurs qui ont pu pénétrer dans cette partie de l'île, nous avons lieu de croire que les principaux affluents du Diahot prennent leur source au sud du cap Colnett, à très-peu de distance de la côte E. Le fleuve lui-

même a probablement sa source dans un massif central duquel descendent aussi vers l'E. et vers l'O. la rivière d'Inghen et la rivière de Voh.

Au-dessous de Bondé, et jusqu'à Manghine, le Diahot serpente entre des contre-forts très-ravinés, séparés par des vallées étroites, et formés de schistes ardoisiers en grands feuillets verticaux. A Manghine, le fleuve franchit le dernier des contre-forts ; il pénètre alors dans un large bassin, et il s'épanouit jusqu'à la mer au milieu de plaines ondulées, coupées par de nombreux cours d'eau dont les rives sont bordées de marais et couvertes de palétuviers. C'est dans ce bassin inférieur du Diahot que s'est développée l'industrie des mines. L'or a été découvert et exploité à Manghine. Les gisements de cuivre, dont la découverte est plus récente, occupent une zone assez étendue non loin des mines d'or, sur la rive droite du fleuve, et sur les derniers contre-forts de la chaîne qui borde la vallée au N.-E. et qui la sépare de la mer.

Nous avons déjà indiqué d'une manière générale la constitution géologique de cette région. Nous avons vu qu'en traversant de l'E. à l'O. la partie septentrionale de la Nouvelle-Calédonie, on y rencontre : d'abord les micaschistes qui bordent toute la côte E. depuis le cap Tiari jusqu'à Panié ; puis sur le versant occidental de cette même chaîne et dans toute la vallée du Diahot, les schistes ardoisiers, les calcaires cristallins analogues aux roches de Jenghen, puis des schistes feldspathiques au milieu desquels on voit enfin apparaître les grands massifs serpentineux de la côte N.-O. Nous devons maintenant étudier de plus près l'allure de ces formations dans la région des mines.

Micaschistes. — Les micaschistes s'étendent, comme nous l'avons vu, sur toute la côte E., depuis la pointe de Tiari jusqu'à Panié. Leur direction propre paraît varier de N. 20° E. à N. 55° E. Ils contiennent beaucoup de quartz, soit en veines plus ou moins puissantes, contournées, in-

tercalées dans la stratification, soit en amas lenticulaires souvent très-considérables et qui forment aux points culminants de la crête d'énormes chapeaux quartzeux. L'échantillon 5 de la collection représente une de ces veines de quartz dans un micaschiste à grands feuillets de mica blanc. Quelquefois, comme dans l'échantillon 6, ce quartz est accompagné de fer oligiste. On y rencontre aussi une grande abondance de grenats. (L'échantillon 3 montre des grenats avec de la pyrite magnétique dans un micaschiste grenu, friable, formé de petites lamelles enchevêtrées de mica blanc et verdâtre.)

Roches de glaucophane. — Mais ce qui caractérise surtout les micaschistes de la côte N.-E. de la Nouvelle-Calédonie, c'est la présence de roches très-singulières que M. Friedel, conservateur de la collection de minéralogie à l'École des mines, a bien voulu se charger d'étudier. Il a reconnu que le principal élément de ces roches est le glaucophane, minéral jusqu'ici extrêmement rare et connu seulement par des échantillons provenant de l'île Syra. Comme à Syra, cette substance est associée en Nouvelle-Calédonie au grenat et à l'épidote; on la rencontre aussi disséminée dans les micaschistes. Après avoir broyé ces roches, M. Friedel a pu séparer par lévigation une substance bleue qu'il a examinée au microscope et dans laquelle il a reconnu les prismes cannelés et bleus du glaucophane. Il a pu vérifier que cette substance présente les caractères de fusibilité du glaucophane; comme ce dernier, elle noircit à l'air lorsqu'on la chauffe sans atteindre la température de la fusion. Elle renferme les mêmes éléments : silice, alumine, magnésie, chaux, fer. Dans quelques échantillons formés par une sorte de schiste talqueux, les cristaux disséminés sont assez gros pour qu'on puisse espérer en extraire des fragments pouvant être mesurés au goniomètre.

La roche représentée par les échantillons 14, 15 et 16 de

notre collection, est formée d'une pâte cristalline de glaucophane avec de l'épidote, empâtant des cristaux de grenats. Cette roche paraît avoir été injectée en assez grande abondance au milieu des micaschistes. Nous l'avons particulièrement observée en place au sommet de la crête qui sépare la vallée du Diahot de la mer, au-dessus de Balade. Elle perce au jour au milieu des micaschistes, et ses affleurements se prolongent dans la direction du S.-O. En descendant suivant cet alignement vers la vallée du Diahot, on voit cette formation éruptive se continuer au milieu des schistes ardoisiers dans la région des mines de cuivre; elle y joue un rôle important sur lequel nous aurons à revenir en étudiant plus spécialement ce district minier. Au sommet même de la crête, au milieu des micaschistes et au voisinage de cette roche de glaucophane, on peut observer un amas de talc en masse; c'est une roche gris bleu, formée de lamelles cristallines enchevêtrées (échantillon 10). On rencontre une roche identique en contact avec les schistes imprégnés de glaucophane dans la région des mines de cuivre (échantillon 11).

En pénétrant au milieu des micaschistes, la roche de glaucophane les a métamorphisés. Les talcoschistes, les micaschistes, les schistes chloriteux qui sont en contact avec elle, contiennent tous plus ou moins de glaucophane cristallisée qu'on peut isoler par lévigation. Certains échantillons contiennent des veines et des veinules d'un beau mica verdâtre (*).

(*) Voir dans la collection ;

Échantillon 7. — Micaschiste décomposé, savonneux, avec de grandes lames contournées de mica blanc et verdâtre et glaucophane.

— 8. — Échantillon analogue au précédent avec lamelles de talc.

— 9. — Talcoschiste fibreux avec glaucophane.

— 26. — Roche de mica et de glaucophane.

Sur le versant N.-O. de la chaîne, en descendant vers Balade, on peut observer un micaschiste imprégné de glaucophane, contenant des lamelles de mica bleu et des grenats, tout à fait analogue à une des roches de Syra (échantillon 19).

Nous n'avons pas pu observer ailleurs les roches de glaucophane en place; mais on en trouve en cailloux roulés dans un grand nombre de rivières de la côte N.-E. A Oubatche notamment nous avons pu recueillir, en cailloux roulés dans la rivière de Pohieu, des échantillons de roche de glaucophane et grenats (échantillon 14), et de nombreux échantillons de micaschistes imprégnés de glaucophane (*). Près du port d'Oubatche on peut observer en place, au milieu des micaschistes, des talcoschistes très-altérés imprégnés de glaucophane (échantillon 18).

L'abondance de ce minéral singulier dans les micaschistes de la Nouvelle-Calédonie et son association avec les minerais de cuivre sont des plus remarquables.

Les veines d'amphibole actinote bacillaire qu'on rencontre fréquemment injectées dans les micaschistes (échantillons 21, 22 et 23), paraissent être aussi en relation avec les roches de glaucophane. Nous décrirons dans la région des mines de cuivre des roches amphiboliques et de véritables filons d'amphibole actinote bacillaire en contact avec les roches de glaucophane et d'épidote.

Schistes ardoisiers. — La direction propre des schistes

(*) Voir dans la collection :

Échantillon 1. — Roche micacée, grenue très-friable, formée de petites lamelles de mica avec cristaux de glaucophane.

— 2. — Micaschiste. — Lamelles de mica blanc et verdâtre avec cristaux de glaucophane.

— 4. — Roche compacte, gris bleu, à éclat gras, formée de glaucophane et de mica, avec des veines de chlorite et des cristaux de grenats.

ardoisiers paraît être, comme celle des micaschistes, du N.-N.-E. au S.-S.-O. avec plongement à l'O. C'est celle qu'on peut constamment observer lorsqu'en suivant le cours du Diahot entre Manghine et Bondé on voit affleurer sur ses deux rives les schistes ardoisiers en grands feuillets très-inclinés. Plus au nord, dans la région des mines, l'allure des schistes ardoisiers a été modifiée par un contre-coup de l'éruption serpentineuse de la côte N.-N.; leur direction passe au N.-N.-O. S.-S.-E., et ils contiennent une série de filons quartzeux plus ou moins puissants intercalés dans leur stratification parallèlement à cette direction.

Coupe géologique entre la côte Balade et la vallée du Diahot. — On peut observer nettement cette manière d'être des schistes ardoisiers en prenant une coupe de la chaîne qui sépare la côte E. de la vallée du Diahot, entre Balade et Manghine; un sentier fréquenté par les indigènes permet de faire assez facilement ce trajet. En partant de Balade, et avant d'atteindre le sommet de la chaîne, on suit la ligne de faîte d'une série de contre-forts étagés, qui sont formés de micaschistes dirigés N. 25° E. et plongeant d'environ 25° vers l'O. Après avoir franchi la ligne de partage, on descend vers la vallée du Diahot, dans la direction de Manghine, en suivant la crête d'un long contre-fort. Dans cette partie du chemin, on traverse une série de schistes ardoisiers; ce sont des schistes bleus avec des bandes grisâtres, contenant des cristaux cubiques de pyrite de fer, très-métamorphisés, durs, et divisés en grands feuillets. Ils sont redressés verticalement, et dirigés perpendiculairement à la direction de la crête, aux environs du N. 30° O., de sorte que le profil du chemin est comme découpé en dent de scie, en raison de la résistance variable des feuillets schisteux à l'action des agents atmosphériques. De nombreuses veines de quartz sont intercalées dans la stratification des schistes suivant cette même direction; leur épaisseur varie

de quelques centimètres à près d'un mètre. Elles forment de véritables filons et parfois de grosses lentilles. Cette formation remarquable a une épaisseur d'environ 2.000 mètres. Après l'avoir traversée, on rencontre des bancs d'une roche serpentineuse contenant des lamelles de talc (échantillon 17), en contact avec des schistes verdâtres serpentineux plus ou moins métamorphisés. A ces bancs serpentineux succèdent jusqu'au Diahot des schistes ardoisiers, feldspathiques et micacés.

Toute cette série schisteuse est uniformément dirigée N. 30° O., avec une inclinaison voisine de la verticale ou un léger plongement vers l'ouest. L'allure particulière des schistes ardoisiers dans cette région (redressement jusqu'à une position voisine de la verticale, direction N. 30° O.; métamorphisme au contact de nombreux filons de quartz parallèles à cette même direction) paraît donc être due à l'influence d'un dyke de serpentine dirigé aux environs de N. 30° O. et parallèle à l'axe principal de l'éruption serpentineuse de la côte N.-O. On peut suivre cette formation dans la direction du N.-O., et observer ses affleurements successifs, sur les crêtes des divers contre-forts parallèles qui descendent vers le Diahot. Son prolongement vient passer précisément vers la région des mines de cuivre, où nous le verrons jouer un rôle important; il y croise la ligne d'affleurement des roches à glaucophane qui traverse cette même région. Avant de l'y suivre, nous devons d'abord compléter cette coupe géologique de la partie septentrionale de l'île, perpendiculairement à la vallée du Diahot.

Coupe géologique sur la rive gauche du Diahot. — La vallée du Diahot, en aval de Manghine, est dominée à l'E. par la muraille de rochers calcaires dont la roche Mauprat fait partie. Des contre-forts gazonnés descendent du pied de ces roches jusqu'au niveau de la vallée; ils se relèvent ensuite pour former sur la rive gauche du fleuve une sorte

de bourrelet presque continu. Bien que dans cette zone la végétation permette rarement d'observer les couches, on peut, en s'élevant à partir du Diahot un peu en amont de la roche Mauprat, reconnaître : en premier lieu sur le bord du fleuve des roches serpentineuses; puis, sur les croupes des contre-forts qui s'étagent jusqu'à la grande muraille rocheuse, des schistes ardoisiers et des schistes feldspathiques, âpres, peu ou point micacés, orientés N. 40° O., inclinés d'environ 45° vers le S.-O., et contenant quelques veines de quartz.

On atteint ensuite les calcaires cristallins (échantillon 124). Ces roches noires, déchiquetées, à parois abruptes, s'élèvent à pic au milieu des schistes; elles forment une muraille continue qui s'étend en ligne droite dans la direction de N. 30° O. Dans cette région, cette formation a plus de 1 kilomètre de profondeur; elle se compose de trois crêtes parallèles, séparées par des vallées; après l'avoir traversée, on rencontre des schistes feldspathiques compactes contenant des veines de pyrite de fer et dirigés du N.-O. au S.-E.

Coupe géologique entre la vallée du Diahot et la côte de Koumac. — En amont de la coupe que nous venons de décrire, le bourrelet de roches serpentineuses qui borde la rive gauche du fleuve se relève et se rattache au massif auquel appartient la montagne de Manghine. Un sentier d'indigènes qui conduit de Manghine à Koumac franchit ce massif; en le suivant, on peut relever une coupe géologique intéressante entre la vallée du Diahot et la côte O..

Ce chemin s'éloigne de la rive du Diahot un peu en amont de Manghine; on s'élève alors jusqu'à la ligne de partage par une série de contre-forts couverts de prairies sous lesquelles il est difficile d'observer les terrains en place. Ce sont des schistes feldspathiques, ferrugineux, en quelques points serpentineux. Leur direction paraît être

au voisinage de N. 20° O. A la surface du sol, on remarque des blocs sphéroïdaux d'une roche trappéenne que nous n'avons pu observer en place. L'échantillon 78 qui provient d'un de ces blocs est une véritable mélaphyre porphyroïde, très-analogue aux mélaphyres de la côte S.-O. Avant d'arriver au sommet, on peut voir en place des affleurements de roche serpentineuse (échantillon 77) en contact avec des schistes serpentineux sillonnés de veines de quartz.

Le chemin passe précisément au sommet d'un massif central d'où se détachent, sur cette face de la chaîne, trois contre-forts principaux : l'un s'étend vers le N.-O. parallèlement au cours inférieur du Diahot; un autre descend à l'E. vers Bondé; au troisième, qui se dirige vers le N.-N.-O., se rattachent les massifs qui barrent le cours du Diahot, et qui le forcent à dévier vers le N. jusqu'à Maghine.

En ce point culminant, et de chaque côté du col, on peut observer les schistes ardoisiers presque horizontaux au-dessus des schistes serpentineux. Après avoir passé le col, on suit une série de couloirs où l'on voit affleurer par places, sous l'épaisse végétation qui couvre le sol, des schistes feldspathiques et des schistes serpentineux contenant des veines de quartz. On franchit ensuite une crête dénudée formée de schistes argileux très-ferrugineux, divisés en plaquettes, contournés, disloqués, et redressés jusqu'à la verticale, encaissant de nombreuses et puissantes veines de quartz intercalées dans leurs stratifications. On atteint enfin la zone des calcaires cristallins, qui depuis la roche Mauprat forment une bande rocheuse régulièrement alignée N. 32° O. Immédiatement au delà on rencontre un premier îlot de roches serpentineuses au milieu des schistes argileux. En approchant de la mer et en descendant vers Koumac, on ne quitte plus les serpentines. La formation serpentineuse, dont le sentier traverse les plateaux inférieurs, s'élève au N.-O. jusqu'au grand massif que domine

le sommet tabulaire du dôme Tiebaghi. Vers le S.-E., elle forme sur tout le litoral une sorte de bourrelet continu, au-dessus duquel se détachent de grandes masses abruptes qui dominent les baies de Koumac et de Gomen.

En résumé, ces observations nous fournissent une coupe géologique de la pointe septentrionale de l'île, entre Balade et Koumac. La *fig.* 4, Pl. VII, représente cette coupe théorique.

Nous devons en outre, avant d'aborder l'étude particulière de la région des mines de cuivre et de celle des mines d'or, retenir la notion de trois directions principales, auxquelles se rattachent les divers accidents géologiques, savoir :

1° N. 20° à 30° E. : Direction générale des terrains cristallins et des terrains anciens en Nouvelle-Calédonie, de même qu'en Australie et en Nouvelle-Zélande.

2° N. 30° O. : Direction de l'éruption serpentineuse dont l'axe principal suit la côte N.-O., et qui se manifeste dans la vallée du Diahot :

1° Par des dykes de serpentine qui soulèvent les schistes ardoisiers en les orientant du N.-O. au S.-E. ;

2° Par des veines et des filons de quartz, parallèles à cette même direction, encaissés dans les joints des schistes, au voisinage des dykes de serpentine.

3° Une direction probablement comprise entre N.-N.-E. = S.-S.-O. et N.-E. = S.-O., suivant laquelle les roches de glaucophane percent au jour au milieu des micaschistes au-dessus de Balade, et se prolongent à travers les schistes dans la région des mines de cuivre.

CHAPITRE II.

MINES DE CUIVRE (*).

§ 1. — Description générale de la région des mines de cuivre.

Il existe une carte topographique de la vallée du Diahot, dressée par M. Parquet, chef du service topographique en Nouvelle-Calédonie. Malheureusement cette carte, qui est d'ailleurs antérieure à la découverte des mines, ne peut être considérée comme exacte que par rapport aux traits les plus saillants du relief de la contrée. Par une fâcheuse coïncidence, la région des mines de cuivre s'y trouve représentée d'une façon particulièrement inexacte, de sorte qu'il faut renoncer à y recourir pour étudier et pour décrire ces gisements minéraux avec quelque précision. A défaut de carte, les croquis représentés *fig.* 3, Pl. VII, et *fig.* 1 et 2, Pl. VIII, suffiront pour l'intelligence des descriptions qui vont suivre; mais il doit être bien entendu que ce ne sont que des croquis explicatifs, nécessairement inexacts et destinés simplement à rendre compte de la disposition des lieux.

Comme nous l'avons déjà remarqué, le Diahot franchit à Manghine le dernier des contre-forts entre lesquels il serpente depuis Bondé. Ceux de ces contre-forts qui occupent la rive droite du fleuve appartiennent à un grand massif de montagnes qui s'élève à l'E. de Manghine, et qui se rattache vers le N. à la grande chaîne qui sépare la vallée du Diahot du littoral N.-E. de l'île. Cette chaîne de partage, formée, comme nous l'avons vu, par

(*) La description qui va suivre se rapporte à la situation des mines au mois de mars 1874, époque à laquelle nous avons quitté la Nouvelle-Calédonie. Les renseignements dont nous disposons s'arrêtent à cette date.

les micaschistes, s'étend dans la direction du N.-O. jusqu'à la pointe de Tiari. Un grand contre-fort s'en détache et s'avance jusqu'au bord du Diahot, aux deux tiers environ de son parcours entre Manghine et la mer; il se termine par un monticule que surmonte un rocher remarquable désigné sur les cartes sous le nom de Piton de la Pierre. Cet ensemble de montagnes forme une sorte d'amphithéâtre à l'intérieur duquel le Diahot décrit une grande courbe dont la convexité est tournée vers le N.-E. De riches plaines, bien arrosées par de nombreux cours d'eau, bordent la rive droite du fleuve jusqu'au pied de cette ceinture de montagnes.

Le vaste bassin que nous venons de décrire est divisé, à peu près au sommet de sa courbure et suivant son axe, par une ligne de partage secondaire qui descend du N.-E. au S.-O., perpendiculairement au cours du Diahot au-dessus duquel elle se termine près du village le Caillou. La rivière de Ouégoa coule sur le versant occidental de cette ligne de faîte. D'autres contre-forts moins importants, dirigés aussi du N.-E. au S.-O., se détachent de la chaîne de Tiari et séparent l'un de l'autre les nombreux cours d'eau qui en descendent.

Tels sont les principaux traits du relief de la région des mines de cuivre. La découverte de ces gisements date de la fin de l'année 1872. A cette époque, l'exploitation de l'or à Manghine avait attiré déjà un assez grand nombre de mineurs dans la vallée du Diahot. En explorant les montagnes situées sur la rive gauche du fleuve, un groupe de *prospecteurs* rencontra de riches affleurements de cuivre dans le lit de la rivière du Ouégoa, un peu au-dessus du village de ce nom, sur l'emplacement même des travaux actuels de la *Compagnie des mines de Balade.* Cette première découverte provoqua immédiatement de nombreuses recherches, et bientôt des indications de filons cuivreux étaient signalées en un grand nombre de points

dans toutes les vallées affluentes de la rivière Ouégoa. En dehors de ce groupe représenté par le croquis *fig.* 1, Pl. VIII, des affleurements très-intéressants ont été découverts à une douzaine de kilomètres à l'O. de Ouégoa, sur les premières croupes du massif auquel appartient le Piton de la Pierre, près du village de Pondolaï.

Nous avons visité et examiné avec soin tous ces points d'affleurements dans les derniers mois de l'année 1873. Avant de décrire chacun d'eux en particulier, il est nécessaire de nous rendre bien compte de la constitution de la région que nous avons à parcourir.

Région située à l'E. de la rivière de Ouégoa.—Reportons-nous à la coupe géologique que nous avons prise de la partie septentrionale de la Nouvelle-Calédonie, perpendiculairement à la vallée du Diahot, et en amont de la région des mines de cuivre. Nous avons vu que les schistes ardoisiers, dont la direction propre est N.-N.-E. = S.-S.-O., s'y trouvaient redressés et orientés au N.-O. = S.-E. sous l'influence d'une ligne d'éruption serpentineuse. Nous avons précisément suivi, pour prendre la coupe géologique de la chaîne entre Balade et Manghine, la crête d'un des premiers contre-forts qui descendent vers le Diahot à l'E. du massif de Ouégoa. (Voir la carte, *fig.* 2, Pl. VII.) Nous y avons observé les schistes ardoisiers métamorphisés, redressés jusqu'à la verticale, et affleurant perpendiculairement à la ligne de faîte dans une direction voisine de N. 30° E. Dans la stratification des schistes étaient intercalées de nombreuses veines et filons de quartz et un dyke de serpentine en contact avec des schistes serpentineux, le tout orienté N. 30° E. Quelques veines de pyrites de fer sont en relation avec ces filons quartzeux. On ne connaît de ce côté aucune trace de cuivre, mais un échantillon de ces pyrites, qui a été analysé au bureau d'essai de l'École des mines, contenait de très-faibles traces d'or.

En suivant dans la direction du S.-E. le prolongement de ces filons quartzeux, on atteindrait les massifs de montagnes qui s'élèvent à l'E. de Manghine et dont les sommets sont couronnés par de puissants amas de quartz.

Dans la direction du N.-O., le prolongement des mêmes filons passe précisément au milieu du groupe des mines de Ouégoa. Les filons orientés N. 30° O. y jouent en effet, comme nous le verrons, un rôle important dans le système des filons cuivreux. Mais ici nous avons à considérer un second ordre de phénomènes éruptifs correspondant à la venue au jour des roches à glaucophane. La ligne de partage secondaire, sur le versant occidental de laquelle se trouve le groupe des mines de cuivre paraît être précisément l'axe d'éruption de ces roches. Nous avons à décrire avec quelques détails cette chaîne que nous désignerons sous le nom de chaîne du mont Ouégoa.

Chaîne du mont Ouégoa.— Un sentier d'indigènes conduit de Ouégoa à Balade; on passe de la vallée du Diahot sur le versant de Balade à une altitude d'environ 550 mètres par le col du Bonhomme qui doit son nom à un rocher de forme remarquable visible de toute la vallée. Au S.-E. de ce col s'élève un sommet arrondi; c'est le point d'attache de la chaîne du mont Ouégoa. Cette petite ligne de partage, qui se dirige perpendiculairement au Diahot du N.-E. au S.-O., se compose d'une succession de monticules elliptiques dont le grand axe est perpendiculaire à sa direction. Des vallées étroites et profondes dirigées de l'E. à l'O. séparent ces protubérances et correspondent à des dépressions de la ligne de partage. Le premier et le principal de ces massifs est le mont Ouégoa, dont la hauteur au-dessus du niveau de la vallée est d'environ 200 mètres; sur sa face N. cette montagne est coupée à pic dans la direction du N.-O.=S.-E., de manière à former une grande paroi verticale de plus de 100 mètres de hauteur. La ri-

vière de Ouégoa suit quelque temps le pied de cet escarpement dans la direction du N.-O.; puis elle tourne brusquement au S. et s'engage dans un étroit ravin où sont les affleurements des filons cuivreux exploités par la compagnie des mines de Balade. Après avoir ainsi contourné le mont Ouégoa, la rivière reçoit sur sa rive gauche avant d'arriver au village un petit affluent qui descend d'une vallée profonde où se trouvent les affleurements de la mine des *Soldats*.

Cette vallée, que nous appellerons pour plus de simplicité *vallée des Soldats*, est encaissée au N. par le mont Ouégoa, et au S. par un second massif moins élevé et plus aplati sur lequel sont les affleurements de la *mine des Bénis-en-l'Air*. Les contre-forts qui s'en détachent dans la direction du S.-O. forment le prolongement de la ligne de partage vers le Diahot jusqu'à un dernier monticule désigné sous le nom de morne Brepsant.

Centre d'éruption des roches de glaucophane. — Toute la chaîne que nous venons de décrire est formée de schistes feldspathiques. Ces schistes contiennent de nombreux filons et des veines lenticulaires de quartz; ils représentent le prolongement du faisceau de filons quartzeux orientés N. 30° O. qui traverse toute cette région. Le sol est couvert en maints endroits de blocs de quartz opaque, d'un blanc laiteux, qui proviennent de la dénudation par les agents atmosphériques des têtes de filons quartzeux. Enfin, au milieu de ces schistes plus ou moins métamorphisés au contact des veines de quartz et généralement orientés comme elles au N.-O. S.-E., on voit percer les roches à base de glaucophane, accompagnées de roches de talc et d'amphibole. Nous avons décrit plus haut ces roches et leur venue au jour au milieu des micaschistes, au sommet de la chaîne qui sépare la vallée du Diahot de la côte de Balade, précisément au col du Bonhomme.

En ce point les roches de glaucophane et d'épidote coupent la formation des micaschistes dans une direction qui paraît être voisine du N.-N.-E.=S.-S.-O.; elles sont en contact avec des talcoschistes contenant du mica verdâtre, et fortement imprégnés de glaucophane ; dans leur voisinage on voit affleurer un puissant amas de talc en masse. Entre le col du Bonhomme et Ouégoa, les contre-forts qui séparent les cours d'eau dont la réunion en amont de la mine de Balade forme la rivière de Ouégoa, sont recouverts d'un diluvium de plus de 2 mètres d'épaisseur. Ce diluvium, qui témoigne de l'importance des phénomènes de dénudation et d'érosion dont cette région a été le théâtre, est principalement formé de gros blocs de quartz et aussi de blocs de la roche de glaucophane et d'épidote injectée de grenats (échantillon 15). Au-dessous de cette croûte, on peut observer par places des schistes feldspathiques pailletés de mica et des schistes ardoisiers, le tout orienté S.-E.=N.-O. avec plongement au S.-O. Le mont Ouégoa paraît être aussi exclusivement formé par ces schistes. Pour retrouver les roches de glaucophane en place, il faut franchir la vallée des Soldats; elles percent au milieu des schistes et elles forment le noyau du massif ballonné sur lequel se trouve la mine des Bénis-en-l'Air. Ces roches se composent d'une pâte cristalline de glaucophane avec des veines d'épidote vert d'herbe, et elles sont identiques à celles qu'on rencontre en blocs roulés dans la rivière d'Ouégoa ou qu'on observe en place au milieu des micaschistes au col du Bonhomme (échantillon 16). Les schistes paraissent s'appuyer de tous côtés sur ce noyau éruptif. Immédiatement en contact avec la roche de glaucophane, on rencontre d'abord des talcoschistes très-imprégnés de glaucophane. Ce sont des schistes bleuâtres, très-savonneux, tachant les doigts en blanc. Ils sont le plus souvent satinés, légèrement écailleux; quelquefois leur structure est contournée, et ils sont alors divisés suivant des surfaces

courbes par de grandes lamelles conchoïdales de mica blanc; ils renferment souvent des cristaux de chlorite. (Voir échantillons 25 et 27.)

En s'éloignant du centre d'éruption, on voit affleurer sur les crêtes qui en rayonnent, notamment près de la mine des Bénis-en-l'Air, des schistes argileux gris et compactes, paraissant être des schistes talqueux altérés, qui contiennent beaucoup de glaucophane et qui sont tout à fait identiques à ceux que l'on peut observer en place à Oubatche près de l'établissement de M. Henry. (Voir l'échantillon 13 et le comparer à l'échantillon 12 provenant d'Oubatche.)

Roches amphiboliques et roches de talc. — De même qu'à Oubatche, on peut observer ici des roches d'amphibole subordonnées aux roches de glaucophane. L'échantillon 23 en fait foi. Il a été recueilli en descendant de la montagne des Bénis-en-l'Air vers la rivière de Ouégoa, près des affleurements de la mine Patry, au contact ou près du contact des roches de glaucophane et des talcoschistes. C'est un bel échantillon d'amphibole actinote, formé de grands cristaux bacillaires enchevêtrés retenant des lamelles de mica bleuâtre.

Si l'on descend au contraire du même massif vers le N.-O., à la tête de la vallée des Soldats, on rencontre d'abord des talcoschistes compactes, bleus, à texture cristalline confuse, contenant beaucoup de glaucophane (voir échantillon 20 et comparer avec l'échantillon 4, provenant d'Oubatche); puis, en contact avec ces talcoschistes, on voit affleurer une roche compacte, cireuse, de couleur vert pomme, présentant de petites facettes cristallines confuses, qui n'est autre chose que du talc en masse, tout à fait identique à la roche analogue dont nous avons signalé les affleurements au col du Bonhomme dans les mêmes conditions de gisement. Enfin, au delà de ces roches de talc, en quittant la vallée des Soldats pour descendre sur le versant

de la ligne de partage opposé à la rivière de Ouégoa, on peut observer des bancs de schistes serpentineux et amphiboliques, recouverts ensuite par des schistes feldspathiques feuilletés friables et pailletés de mica. L'échantillon 24 appartient à ces bancs de schistes amphiboliques; c'est une roche verte formée de petites aiguilles enchevêtrées à facettes brillantes; on y distingue du mica, des petits grenats et une matière verte cristallisée que nous croyons être de l'amphibole.

A notre connaissance, le massif que nous venons de décrire est, dans la région qui nous occupe, le seul point où l'on puisse observer la venue au jour des roches de glaucophane, soulevant les schistes ardoisiers. L'alignement de ce centre d'éruption et du col du Bonhomme, où l'on observe l'émergement des mêmes roches au milieu des micaschistes, donne une orientation voisine de N.-N.-E. = S.-S.-O. et qui correspond à la direction de la chaîne du mont Ouégoa.

Serpentines et schistes serpentineux. — Au sud du massif des Bénis-en-l'Air, la ligne de partage se termine près du Diahot par une dernière proéminence désignée sous le nom de morne Brepsant.

Elle est formée par des affleurements de schistes serpentineux ou amphiboliques (échantillon 18). C'est une roche compacte, verte, ayant l'aspect des schistes serpentineux, dans laquelle on distingue des facettes de talc, et où nous n'avons pas pu reconnaître la présence du glaucophane. Au contact de ces bancs serpentineux, on observe des schistes gris, argileux, contenant une grande quantité de petits cristaux bacillaires que nous supposons être de l'amphibole.

Il est intéressant de rapprocher ces roches serpentineuses de celles que nous avons observées sur le chemin de Balade à Manghine intercalées dans la série des schistes

ardoisiers. (Voir les échantillons 17 et 18.) Leur aspect est identique. Le morne Brepsant nous représente donc un des points d'émergence de l'éruption serpentineuse qui a soulevé les schistes ardoisiers parallèlement au cours inférieur du Diahot, et à laquelle est subordonné le faisceau de filons de quartz parallèle à cette même direction.

Le groupe des mines de cuivre Ouégoa est donc caractérisé par la venue au jour des roches de glaucophane au milieu de ces schistes ardoisiers, sillonnés de filons quartzeux et déjà soulevés par les serpentines. En étudiant l'allure des gisements, nous aurons à tenir compte de ces deux influences.

Région à l'ouest de la rivière de Ouégoa. — Pour achever cette description de la région des mines de cuivre, il nous reste à parler de la zone située à l'ouest de la rivière de l'Ouégoa. Cette rivière reçoit sur sa rive droite une série d'affluents; leurs eaux descendent de la chaîne de Tiari et coulent au fond de vallées très-encaissées, que séparent d'étroits contre-forts en dos d'âne perpendiculaires à la vallée du Diahot.

Toute cette zone est encore occupée par des schistes noirs plus ou moins feuilletés, souvent très-silicifiés, et parfois pailletés de mica. On peut facilement observer leur succession en suivant le fond des ravins; ils sont disposés en grandes dalles très-inclinées dont la tranche barre le cours du torrent, formant ainsi une série de cascades. Leur direction générale est du N.-O. au S.-E. Ils sont très-inclinés sur l'horizon et plongent uniformément vers le S.-O.

On ne rencontre pas trace de roches de glaucophane dans cette région; mais des veines et des filons de quartz, dirigés comme les schistes du N.-O. au S.-E., sont intercalés dans leur stratification. L'allure des couches dans cette région est donc simplement subordonnée à l'influence de l'éruption serpentineuse qui se manifeste à l'O. de la chaîne

du mont Ouégoa avec les mêmes caractères que nous avons observés à l'E. de cette chaîne : redressement des schistes avec un plongement au S.-O. et une orientation voisine du N. 30° O.; pénétration de ces schistes par un faisceau de filons quartzeux parallèles à cette même direction.

Au-dessous de ces ravins, les cours d'eau qui descendent de la chaîne de Tiari débouchent sur des plateaux mamelonnés, tel que celui sur lequel est assis le village de Ouégoa. La surface de ces plateaux est recouverte par une épaisse couche de diluvium qui se compose en majeure partie de gros blocs de quartz empâtés dans un limon argileux. Cette croûte recouvre des schistes feldspathiques pénétrés par des filons quartzeux.

Plus à l'O., la vallée est bornée par le grand contre-fort qui, se détachant de la chaîne de Tiari, se termine au-dessus de la rive droite du Diahot par le piton de la Pierre. Ce massif a été peu exploré jusqu'ici. On y a cependant découvert, près de Pondolaï, des affleurements très-importants de filons cuivreux. Au voisinage de ce point, nous avons observé des schistes talqueux et savonneux, assez analogues à ceux qui accompagnent les roches de glaucophane dans le massif de Ouégoa. Il serait donc possible que cette chaîne perpendiculaire à la vallée de Diahot fût le pendant de la chaîne de Ouégoa, et qu'elle correspondît à une nouvelle ligne d'éruption des roches de glaucophane. Si cette hypothèse se vérifiait, on pourrait entreprendre des recherches de ce côté avec l'espoir d'y rencontrer un nouveau groupe de filons analogues à ceux de Ouégoa.

Ayant maintenant décrit, au moins quant aux traits les plus saillants, la constitution géologique de la région des mines de cuivre et les accidents qui la traversent, nous pouvons aborder l'étude particulière des filons cuivreux découverts dans cette région, en décrivant successivement les différents points où leurs affleurements ont été reconnus.

§ 2. — Description des divers points d'affleurement des gisements de minerai de cuivre et des travaux de recherches auxquels ils ont donné lieu.

1° FILONS EXPLOITÉS PAR LA COMPAGNIE DES MINES DE BALADE.

Les premiers gisements de minerai de cuivre découverts au mois d'octobre 1872 dans la vallée du Diahot sont aujourd'hui le centre d'une concession instituée sous le nom de mine de Balade. Des diverses sociétés qui depuis cette époque se sont livrées à des recherches de cuivre aux environs de Ouégoa, la compagnie des mines de Balade était encore la seule à la fin de l'année 1873 qui eût pu disposer de capitaux suffisants pour donner une certaine extension à ses travaux, et qui fût en mesure de commencer une exploitation sérieuse.

Les travaux de la mine de Balade ont été entrepris sur l'emplacement même des premiers affleurements qui aient été decouverts. Ces affleurements coupent transversalement la rivière de Ouégoa, à une certaine distance en amont du village. (Voir le croquis, *fig.* 2, Pl. VIII.)

En ce point, la rivière de Ouégoa n'est qu'un ruisseau torrentueux; elle coule du N.-O. au S.-O. au fond d'un étroit ravin qui coupe l'extrémité orientale du mont Ouégoa. A l'entrée de cette gorge, c'est-à-dire à 50 mètres environ en amont de la mine, le flanc septentrional du mont Ouégoa est formé par un escarpement à pic de plus de 100 mètres de hauteur et qui paraît être la paroi verticale d'une grande faille orientée N.-O.=S.-E. Les schistes ardoisiers dont est formé le mont Ouégoa montrent leurs tranches sur toute la hauteur de cet escarpement. Ce sont des schistes fissiles et parfois fibreux, ordinairement bleus, quelquefois rouges et imprégnés alors d'oxyde de fer, pailletés de mica. On peut observer les mêmes schistes en stratification régulière, en aval de la mine, près du village de Ouégoa. Ils

sont alors blancs, âpres au toucher, très-feuilletés. Ils sont dirigés uniformément au N.-O. = S.-E., et ils plongent vers le S.-O. en faisant un angle de 35° à 45° avec l'horizon. Ils contiennent quelques minces veines de quartz, parallèles à la même direction et plongeant dans le même sens.

La mine se trouve donc au fond d'une sorte de tranchée naturelle ouverte dans les schistes et perpendiculaire à leur direction. Deux séries de filons y affleurent. Les uns sont dirigés comme les schistes au N.-O. = S.-E. et plongent comme eux vers le S.-O; ils coupent le ravin transversalement de manière à affleurer dans le lit du ruisseau et sur les deux rives. D'autres filons parallèles à la vallée sont orientés au N.-N.-E. et traversent par conséquent les schistes dans une direction à peu près normale à leur stratification. Les gisements de cuivre affleurent au croisement de ces deux systèmes de filons.

Le croquis (*fig.* 2, Pl. VIII) (*) représente l'état des travaux de la mine, au moment où nous l'avons visitée pour la dernière fois, c'est-à-dire au mois de décembre 1873. Ces travaux, quoique peu étendus, permettaient déjà d'affirmer l'importance et la richesse des gisements ; ils étaient malheureusement encore trop restreints pour déterminer avec quelque certitude les caractères et l'allure du gîte. Nous ignorons absolument quelles données nouvelles ont pu être acquises depuis lors, par suite des travaux d'exploitation entrepris sur une plus grande échelle. Nous relaterons d'abord soigneusement les faits que nous avons pu observer dans les derniers mois de l'année 1873. Nous verrons ensuite comment on doit les interpréter et quelles conclusions probables on peut tirer au sujet de la nature et des conditions caractéristiques du gisement.

Cette description doit comprendre : en premier lieu, les

(*) Les chiffres inscrits sur ce croquis représentent des côtes de hauteur exprimées en mètres, et prises par rapport à un niveau de convention situé à 100 mètres au-dessous de l'orifice du puits n° 1.

affleurements visibles au jour dans le lit du ruisseau et sur les flancs du grand escarpement qui se dresse à l'est du ravin en amont de la mine; en second lieu, les travaux souterrains qui se composent :

1° D'une excavation de forme irrégulière DVY, sur la rive gauche du ruisseau;

2° D'un réseau de galeries situées sur la rive droite, qui débouchent au jour au niveau du ruisseau et un peu au-dessus de ce niveau en C et en G, et avec lesquelles communiquent les deux puits n° 1 et n° 2, qui ont été ouverts sur le flanc de la montagne à 5 mètres environ au-dessus du fond du ravin;

3° D'un puits n° 3 de 7 mètres de profondeur ouvert au même niveau, et à 30 mètres environ au sud des deux premiers;

4° D'un puits de recherches n° 4, situé sur la rive droite du ruisseau au N.-O. du puits n° 3, qui n'avait encore donné aucun résultat.

Affleurements AB. — Un banc de cuivre pyriteux affleure suivant la ligne AB et barre le lit du ruisseau; sur la rive gauche, sa puissance atteint 1m,50; sur la rive droite, le filon s'amincit au voisinage d'une petite faille orientée au N. 30° E., dont on peut observer les traces en D à l'entrée de l'excavation DVY. Ce filon est intercalé dans la stratification des schistes ardoisiers, dirigés comme lui au N.-O. = S.-E. et plongeant au S.-E. avec une inclinaison de 45° sur l'horizon. Ces schistes d'un vert foncé, presque compactes, sont très-imprégnés de quartz au point de rayer le verre. On y distingue des paillettes de mica, de petits cristaux verts qui paraissent être de l'amphibole et de très-petits grenats (échantillon 29).

Les galeries de recherches que nous allons maintenant décrire ont été dirigées souterrainement dans le flanc de la montage, de chaque côté du ravin sur la direction de ces affleurements.

Travaux de recherches sur la rive gauche du ruisseau. Excavation DVY. Amas de cuivre pyriteux dans la stratification des schistes. — A l'ouest du ruisseau, l'excavation de forme irrégulière DVY a été entièrement pratiquée dans la masse du filon de cuivre pyriteux. Comme nous l'avons dit, on peut observer en D, sur les deux parois de l'entrée de l'excavation, la trace d'une faille bien nette *orientée au N. 30° E.* très-inclinée sur l'horizon et plongeant vers l'O. Le plan de cette faille est indiqué par un mince filet de quartz contenant de la pyrite de fer et aussi un peu de pyrite cuivreuse. Le filon de cuivre pyriteux est étranglé au voisinage de ce croiseur qui le rejette d'environ 1 mètre vers l'O. Entre D et V, le filon reprend de l'épaisseur et sa puissance atteint 1^m,50. En V, il s'amincit de nouveau au voisinage d'un second croiseur à remplissage de quartz, orienté comme le premier aux environs de N. 30° E., avec prolongement de 45° vers l'ouest.

L'excavation DVY paraît donc être ouverte dans une sorte d'amas allongé, limité à l'O. et à l'E. par les plans de ces deux failles et plongeant vers le S.-S.-O. avec une faible inclinaison sur l'horizon. C'est un amas de cuivre pyriteux à gangue de quartz dont l'épaisseur maximum est de 1^m,50, et qui rend à l'essai de 18 à 20 p. 100 de cuivre. Il est encaissé dans des schistes micacés métamorphiques, à texture fibreuse, qui contiennent une grande quantité de mica noir en grandes écailles et aussi des cristaux noirs et verts qui paraissent être de l'amphibole. Des lits de schistes de même nature sont intercalés dans la masse du filon cuivreux. (Voir les échantillons 30, 40, 41, 43.)

Galeries de recherches sur la rive gauche du ruisseau. — A l'est du ruisseau, l'allure du gisement devient extrêmement complexe. De plus, les travaux de recherches qui ont été tracés de ce côté, sur le prolongement des affleurements AB, l'ont été d'une manière assez confuse et peu ration-

nelle, et ils permettent difficilement de se rendre un compte exact des relations qui existent entre les différents massifs de minerais qu'on y observe. Ces travaux se composent d'un réseau de galeries horizontales ou inclinées que nous devons décrire.

En C. — Le filon de cuivre pyriteux AB est visible en C au sol de la galerie, sur une épaisseur de 1^{m},50. Au toit de ce filon on voit affleurer sur le flanc du ravin, à l'entrée de la galerie CE, des bancs de schistes ardoisiers très-friables, à poussière rouge, imprégnés de matières ocreuses. Cette formation, qui a l'aspect d'une sorte de tête de filon ferrugineux, contient des plaquettes d'hématite vitreuse avec des enduits de cuivre carbonaté vert et bleu. A la base de cette assise ferrugineuse on observe de belles veines contournées de cuivre oxydulé au milieu de schistes imprégnés d'oxyde de cuivre et de cuivre carbonaté (échantillons 37 et 38). Au voisinage du toit, de petits amas de cuivre sulfuré bleu sont disposés en chapelet dans la stratification des schistes (échantillon 44).

Tout cet ensemble est dirigé au N. 25° O. et plonge vers le S.-O. en faisant un angle de 45° avec l'horizon.

Galerie CE. — La galerie CE entre dans le flanc du ravin au mur de ces couches métallifères. Elle est immédiatement coupée transversalement par une faille; l'état des parois du tunnel ne nous a pas permis de déterminer exactement son orientation qui paraît voisine du N.-E. = S.-O. Les schistes ocreux viennent buter contre la face orientale de cette faille; de l'autre côté, on ne retrouve plus que des schistes ardoisiers micacés et amphiboliques non métallifères, puis au-dessous de ces schistes un banc de cuivre pyriteux dont la puissance n'a pas été déterminée, et qu'on peut observer au sol de la galerie sur tout le parcours CE.

Galeries GH et LK. — On observe aussi des affleure-

ments de cuivre pyriteux sur les faces des galeries GH et LK, qui aboutissent au fond du puits n° 1. Ce puits coupe, à 4 mètres de profondeur, deux couches de cuivre pyriteux ayant chacune environ 0m,60 de puissance et séparées par un banc de schistes de 0m,45 d'épaisseur. Tout cet ensemble plonge vers le S.-O. avec une inclinaison voisine de 45°. Ces deux couches affleurent dans les galeries KL et GH obliquement à leur direction. Nous n'avons pas pu visiter la galerie LK envahie par les eaux. Le sol de la galerie GH est au niveau du toit de la couche inférieure dans le puits n° 1; elle coupe les deux couches très-obliquement à leur direction; la couche inférieure est représentée, sur les parois de la galerie, par une bande irrégulière de cuivre pyriteux à gangue quartzeuse, dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 0m,50, et qui est encaissée dans des schistes micacés très-chargés d'amphibole et analogues à ceux qui sont représentés par les échantillons 30 et 40. La couche supérieure se perd au toit de la galerie; elle se compose alors de quelques veines de cuivre pyriteux intercalées dans des schistes pyriteux.

Le banc de pyrites de cuivre que nous avons observé au sol de la galerie CE paraît être au-dessous de ce groupe de couches. Le même banc affleure encore tout le long de la galerie horizontale EI, de telle sorte qu'il paraît former plutôt une sorte d'amas qu'un filon régulier. Les caractères du gisement apparaissent plus nettement dans la partie septentrionale du champ de recherches sur les parois de l'excavation OIMN.

Excavation OIMN. Filon de cuivre oxydé et cuivre natif orienté au N. 30° E. — L'excavation OIMN forme une sorte de chambre irrégulière dont le sol est incliné d'environ 45° vers l'ouest. Elle est traversée par une ligne de fracture bien nette *orientée N. 25° E., et plongeant*

de 45° vers l'O. On peut suivre la trace continue de cette ligne de fracture sur le plafond de la chambre. C'est une magnifique veine de cuivre oxydé, de cuivre oxydulé et de cuivre natif avec un peu de quartz qui n'a pas moins de 0^m,15 d'épaisseur. Du côté du nord, on voit cette veine monter dans une cheminée NR, par laquelle la chambre OIMN est en communication avec la galerie R; du côté du sud, elle vient couper la paroi IM.

La *fig.* 5, Pl. VII, représente une vue de cette paroi IM. La ligne 3, 4 est la trace de la ligne de fracture; celle-ci est encore représentée ici par une veine d'oxyde noir à gangue quartzeuse, avec du cuivre oxydulé et du cuivre natif. A 0^m,50 environ au-dessous de la première, court une seconde veine d'oxyde noir de 0^m,05 d'épaisseur qui converge avec elle en profondeur, et dont la trace sur la paroi est représentée par la ligne 5, 6, 7. Dans tout l'intervalle 5, 7, 3, 4, les schistes sont littéralement imprégnés de cuivre oxydulé et de cuivre natif cristallisé. Ce sont des schistes gris de fer, fibreux, micacés, peut-être amphiboliques (échantillon 39, schistes micacés contenant du cuivre oxydé noir et des veines de cuivre oxydulé, mélangés de matières ocreuses, avec des enduits de cuivre carbonaté vert). Au point 6, la veine d'oxyde noir 7. 6 se bifurque. Les deux veines 6. 5 et 6. 8 sont formées de quartz cireux blanc ou rougeâtre, empâté par du cuivre oxydé noir. On peut compter, pour ces deux veines, 0^m,30 d'épaisseur totale d'oxyde noir. Au contact de l'oxyde noir et du quartz, dans les joints mêmes du quartz ainsi que dans les schistes encaissants, on observe de belles cristallisations de cuivre oxydulé et de cuivre natif. Les beaux échantillons 36 et 47 ont été recueillis en ce point.

La zone des schistes richement minéralisés, comprise entre les deux veines d'oxyde noir 3. 4 et 6. 8, est encaissée par deux bancs de cuivre pyriteux. L'un situé au lieu,

de la veine 3, 4, est composé de veines de pyrite de cuivre intercalées dans des schistes ferrugineux qui sont eux-mêmes imprégnés de cuivre oxydulé. Son épaisseur, au toit de la galerie, est de 1m,50; il s'amincit rapidement en plongeant vers l'O. L'autre, situé au mur de la veine 6, 8, forme le sol de la chambre; c'est une couche de cuivre pyriteux à gangue quartzeuse dont l'épaisseur, qui n'a pas été déterminée, est supérieure certainement à 0m,50.

Les traces des veines 6, 5 et 6, 8 apparaissent encore bien nettement sur la paroi MN, qui est à peu près parallèle à leur direction. Sur toute la longueur de cette paroi, on peut observer deux veines parallèles de quartz imprégnés de cuivre natif et d'oxyde noir, qui courent l'une au niveau du sol, l'autre au toit de la galerie. Dans tout l'intervalle, c'est-à-dire sur environ 1m,50 d'épaisseur, les schistes sont très-fortement imprégnés de cuivre oxydé et oxydulé et de cuivre natif.

Le sol de la galerie repose sur le banc de cuivre pyriteux qu'on trouve constamment au mur de cette formation.

Galerie EF. — On peut encore observer le même filon de cuivre oxydé, cuivre natif et quartz, dirigé au N. 25° E., dans la galerie inclinée EF, c'est-à-dire à 7 mètres environ au sud de la galerie IM.

La trace du filon sur les parois de cette galerie EF est inclinée de 25° sur l'horizon. Elle est représentée par une mince veine de quartz qui se bifurque vers l'extrémité de la galerie, et qui est encore accompagnée de cuivre oxydé noir, de cuivre oxydulé et de cuivre natif. On peut évaluer à 10 ou 15 centimètres l'épaisseur totale de cuivre oxydé noir équivalente à cette veine. Au mur se trouve un banc de cuivre pyriteux qui forme le sol de la galerie.

Galerie IE. — La galerie IE se trouve tracée au toit du filon N. 25° E. que nous venons de décrire. Elle coupe un banc de cuivre pyriteux à gangue de quartz

de $1^m,50$ de puissance, surmonté de quatre autres petites couches de 4 à 10 centimètres d'épaisseur. Le tout est intercalé dans des schistes amphiboliques et plonge comme ces schistes vers l'O.-S.-O. avec une inclinaison d'environ 25°.

Galerie OR. Nouvelle tête de filon ferrugineux au N.-O. = S.-E. — La galerie OR est tracée dans des schistes ferrugineux qui affleurent sur le flanc du ravin. Cette assise de schistes ocreux à poussière rouge est analogue à celle que nous avons décrite à l'entrée de la galerie C, mais elle est moins richement minéralisée.

On y observe toutefois, au contact de veines d'hématite vitreuse, des enduits de cuivre carbonaté et des veinules de cuivre sulfuré. Le filon oxydé riche, dirigé au N. 25° E., couperait sans doute le prolongement de cette galerie à peu de distance au delà de son extrémité R.

Puits n° 3. Filon riche au N. 30° E. — Le puits n° 3 a été ouvert au niveau du puits n° 1, sur la rive gauche du ruisseau, à 30 mètres environ des travaux que nous venons de décrire. A 5 ou 6 mètres au N.-E. de ces puits, on peut observer, sur le flanc du ravin, des affleurements de schistes ocreux orientés au N. 30° E.. et plongeant de 45° vers l'O. Le puits est creusé d'abord dans ces schistes ocreux; à 6 mètres de profondeur, il traverse une veine de cuivre oxydé noir et de cuivre natif avec gangue quartzeuse de 15 centimètres d'épaisseur, dont on a extrait de magnifiques échantillons de cuivre natif; puis, à 1 mètre environ audessous de cette première veine, le puits rencontre un filon de 1 mètre de puissance et de structure bréchoïde, qui est formé de pyrite cuivreuse mélangée de pyrite de fer et empâtant de gros fragments de quartz (échantillon 42).

On y trouve des nids de cuivre oxydé noir et de cuivre natif. Ce filon, ainsi que la veine supérieure, est dirigé au N. 25° E. et plonge de 45° vers l'O. Il a été suivi en

direction vers le S. par une galerie de 2 mètres de longueur. La couche s'amincit considérablement dans ce court espace. Une petite recoupe faite au toit du filon a traversé la veine supérieure qui se trouve être très-riche en cuivre oxydé et cuivre natif.

Affleurements d'un filon quartzeux stérile orienté au N.-O.=S.-E. — A 4 mètres, au S. du puits n° 3, on peut observer, sur les deux flancs du ravin, une tête de filon quartzeux, dirigé au N.-O. = S.-E. et plongeant de 60° sur le S.-O.; on n'y distingue aucune indication de cuivre.

Affleurement en amont de la galerie OR. Trace du filon N. 25° E. sur le grand escarpement en amont de la mine. — Immédiatement en amont de la galerie OR, au point P, il suffit de creuser le sol au niveau du ruisseau pour mettre à découvert de belles cristallisations de cuivre oxydulé et de cuivre natif dans des schistes fibreux micacés contenant des lamelles de talc et de petites baguettes noires qui paraissent être de l'amphibole.

Les magnifiques échantillons 34, 35, 45 et 46 ont été recueillis à la surface du sol en ce point. Ils sont identiques aux schistes imprégnés de cuivre natif que nous avons observés dans la galerie IM au contact des veines de cuivre oxydé à gangue quartzeuse orientés N. 30° E.

En amont du point P, les schistes qui affleurent sur la rive gauche du ruisseau forment de grandes dalles dont les plans de divisions sont orientés N. 25° E. avec plongement à l'O. Dans les joints de ces dalles, on observe des veines de quartz de même direction. On peut en suivre la trace jusqu'au grand escarpement qui coupe la montagne dans la direction du N.-O. = S.-E. en amont de la mine. Sur cette grande paroi, la trace des filons orientés au N.-N.-E est représentée par trois veines de quartz de $0^m,30$ à $0^m,50$ de puissance. Une petite galerie de recherche a été tracée dans ces affleurements, à mi-hauteur

de l'escarpement; à ce niveau, le filon se compose d'un faisceau de veines de quartz empâtées dans des concrétions ferrugineuses, au milieu de schistes fibreux et contournés imprégnés de matières ocreuses et pailletés de mica blanc.

Pour compléter cette description, il nous reste à signaler : 1° une assise de schistes ferrugineux, orientée au N.-O. = S.-E., qui affleure sur la rive gauche du ruisseau, à quelques mètres en amont du point P; on y observe des enduits de minerais de cuivre dans des joints orientés au N.-N.-E.; 2° des veines de cuivre et de pyrite cuivreuse dans un banc de schistes micacés qui affleure dans le lit du ruisseau suivant la ligne ST; 3° enfin en V une tranchée ouverte sur la rive droite du ruisseau; elle a mis à découvert un filon encaissé dans des schistes micacés très-amphiboliques et qui est formé : au toit, de pyrite de fer cristallisée en cubes; au mur, de pyrite cuivreuse empâtant des fragments de quartz blanc laiteux. Cette tranchée était pleine d'eau au moment de notre visite; nous n'avons donc aucune donnée précise sur l'allure et la puissance de ce filon, qui paraît être analogue au filon bréchoïde de pyrite cuivreuse et de quartz du puits n° 3.

Résumé et conclusions. — Tels sont les faits que nous avons pu observer en visitant en détail les travaux de la mine de Balade au mois de décembre 1873.

Quelles conclusions est-il permis de tirer de cette analyse? Il est impossible de ne pas être frappé tout d'abord de la richesse du gisement; mais avons-nous les éléments suffisants pour définir son allure et pour déterminer son étendue? Pour pouvoir le faire avec certitude, il resterait à éclaircir bien des points sur lesquels la lumière doit être faite aujourd'hui par suite des travaux exécutés depuis l'époque de notre visite et dont nous ignorons les résultats.

Résumons simplement les indications que l'observation nous a fournies. Nous avons reconnu d'abord une série de filons parallèles à la stratification des schistes et inclinés dans le même sens, c'est-à-dire orientés au N.-O. ou plus exactement au voisinage de N. 30° O. avec plongement moyen de 45° vers le S.-O. Nous devons comprendre dans ce groupe :

1° La ligne de fracture à laquelle correspond le grand escarpement qui coupe le flanc septentrional du mont Ouégoa en amont de la mine ;

2° Trois veines de quartz stériles intercalées dans la stratification des schistes ;

3° Des assises de schistes ocreux, ayant l'aspect de têtes de filons ferrugineux, qui affleurent sur la rive gauche du ruisseau à 4 mètres en amont du point P, en A et en C.

Les deux premières contiennent des indications de minerais de cuivre ; la troisième, qui affleure en C, est richement minéralisée au contact d'une faille de direction mal déterminée qui coupe la galerie CE près de son entrée ; au mur de cette assise ferrugineuse se trouve un banc de cuivre pyriteux intercalé dans la stratification de schistes très-chargés d'amphibole et de mica noir. L'allure de ces amas de cuivre pyriteux n'est pas définie d'une façon bien nette. Dans le lit du ruisseau et sur la rive gauche, il semble qu'on soit en présence d'un filon régulier, dirigé N. 30° O., intercalé dans la stratification des schistes et découpé par une série de failles orientées au N. 25° E. de manière à former une série d'amas en chapelets. A l'O. de la rivière, au contraire, les masses de cuivre pyriteux intercalées dans les schistes paraissent être subordonnées à une ligne de fracture orientée N. 25° E. parallèlement à la direction du ravin, et inclinée de 45° vers l'O. Cette ligne de fracture a une importance capitale. Elle est représentée par une veine riche avec remplissage de quartz, de cuivre oxydé, de cuivre oxydulé et de cuivre natif. A son contact, les schistes sont

richement métallisés et imprégnés de cuivre natif cristallisé. Nous l'avons reconnue sur les parois de la chambre OMIN, dans la galerie EF, au fond du puits n° 3; les cristallisations de cuivre natif, recueillies à fleur de sol en P, paraissent appartenir à la même veine dont les affleurements sont encore apparents sur le grand escarpement en amont de la mine.

Quelles sont les relations des amas de cuivre pyriteux avec cette riche veine orientée au N.-N.-E.? Dans l'état de nos connaissances, il est difficile de les déterminer exactement. Dans les galeries OMIN et EF, les bancs de cuivre pyriteux sont au toit et au mur de la veine de cuivre oxydé et ils sont orientés comme elle au N.-N.-E. Dans les galeries IE, CE, GA et LK, de même qu'à l'O. de ce réseau de galeries, ils sont intercalés dans des schistes amphiboliques à grandes écailles de mica noir et orientés comme eux au N.-O. Enfin, dans le puits n° 3 et sans doute aussi dans la tranchée U, nous avons observé un filon bréchoïde formé de pyrite de cuivre et de fer empâtant des fragments de quartz et orienté au N.-25° E. Nous sommes cependant porté à croire que la première venue des minerais de cuivre est contemporaine des lignes de fracture orientées au N. 25° E. Elle serait, par conséquent, postérieure au soulèvement des schistes dans la direction du N. 30° O. et à la formation simultanée des filons quartzeux et des filons ferrugineux qui sont orientés suivant cette même direction dans la stratification des schistes.

Ces lignes de fracture N. 25° E. auraient donné accès aux sources métallifères qui se seraient épanchées principalement au point de croisement des filons ferrugineux antérieurs intercalés dans les schistes, de sorte que le gisement se compose: 1° de veines riches orientées au N. 25° E.; — 2° d'assises ferrugineuses parallèles à la stratification des schistes et minéralisées au voisinage des veines riches; — 3° d'amas de cuivre pyriteux disposés en chapelet sous la stratification des schistes et dus à l'épanchement

des sources métallifères dans l'entre-bâillement des couches.

Il est inutile d'insister sur ces hypothèses. Toutes ces questions douteuses seront aisément résolues par le développement des travaux d'exploitation.

2° GISEMENTS DIVERS AUX ENVIRONS DE OUÉGOA.

En dehors de la mine de Balade, les divers points où les affleurements de minerai de cuivre ont été découverts aux environs de Ouégoa, peuvent être classés en trois groupes, savoir :

(A) *Affleurements de filons orientés au N.-O. sur la rive droite de la rivière de Ouégoa et dans l'alignement des filons de même direction de la mine de Balade.* — (Découverte Delaveuve, découverte Laraton, Claims de l'Anguille et de Ouégoa.)

(B) *Affleurements de filons orientés au N.-N.-E. et paraissant être le prolongement des filons de même direction de la mine de Balade.* — (Découverte Murat, découverte Patry.)

(C) *Affleurements situés sur la rive gauche de la rivière Ouégoa, au voisinage des roches de glaucophane.* — (Mine des Soldats, Mine des Bénis-en-l'Air).

Chacun de ces points mérite une mention spéciale.

(A) *Affleurements de filons orientés au N.-O. et travaux de recherches sur la rive droite de la rivière de Ouégoa.*

Nous avons observé aux mines de Balade, un système de fracture et de filons orientés au N.-O. dans le sens de la stratification des schistes. Les affleurements de ce système se prolongent dans la direction du N.-O. On peut les suivre sur les contre-forts qui descendent vers la rivière de Ouégoa sur sa rive droite. Les découvertes qui ont pris les noms de Mine Delaveuve et Mine Laraton sont situées précisément sur cet alignement.

Mine Delaveuve. — Le ruisseau sur la rive gauche duquel se trouve la mine Delaveuve, descend de la chaîne

de Tiari et vient tomber dans la rivière de Ouégoa entre la mine de Balade et le village de Ouégoa. (Voir le croquis, *fig.* 1, Pl. VIII.) Il coule au fond d'une vallée encaissée à l'E. par un contre-fort en dos d'âne qui la sépare d'un autre affluent; ce dernier se jette dans la rivière de Ouégoa, à peu de distance en aval de la mine. Comme toute la région située à l'O. de la chaîne du mont Ouégoa, ce contre-fort est formé de schistes ardoisiers, âpres, compactes, peu micacés, redressés régulièrement dans la direction du N.-O. = S.-E. et sillonnés par des veines de quartz parallèles à leur stratification. Sur sa crête et sur ses flancs, on distingue nettement les affleurements continus d'un filon ferrugineux dont la trace forme une arête saillante à la surface du sol. Ce filon est orienté au N.-O. et il plonge comme les schistes vers le S.-O. avec une inclinaison de 40°; il est formé de concrétions ferrugineuses avec des veines de quartz sur une puissance totale d'environ 1m,50, et il paraît identique aux têtes de filons de même direction qui affleurent dans le ravin de la mine de Balade. Sur tout son parcours on peut observer des traces de cuivre sous la forme d'enduits de cuivre carbonaté bleu et vert au milieu des concrétions ferrugineuses. Ces affleurements sont l'objet de la découverte Delaveuve. Les travaux de recherche consistaient :

1° En une tranchée et un puits de quelques mètres de profondeur ouverts sur les affleurements, près de la crête du contre-fort. Ces travaux ont mis à nu un filon formé de concrétions ferrugineuses sur un mètre d'épaisseur, encaissées au toit et au mur par deux veines de quartz de 0m,30 de puissance. On y distingue tout un réseau de veinules de quelques millimètres d'épaisseur formées par du cuivre carbonaté bleu et vert. Ce filon est encaissé dans des schistes semi-ardoisiers noirs, métamorphiques, portant l'empreinte de cristaux cubiques de pyrite de fer. Le tout est dirigé N. 50° O. et plonge de 40° au S.-O. —

2° En une galerie de recherches menée à travers bancs dans les schistes au niveau de la vallée à la rencontre de la couche. Cette galerie de recherches avait atteint 20 mètres de longueur sans avoir rencontré le filon. Elle traverse plusieurs veines stériles, à remplissage de quartz et de pyrites de fer, orientées au N. 50° O. et encaissées dans des schistes métamorphiques semi-ardoisiers.

Mine Laraton. — Les affleurements de la mine Laraton appartiennent au même système que ceux de la mine Delaveuve et sont situés sur le même alignement. Ils consistent en une tête de filon orientée au N.-O. et plongeant au S.-O. avec une inclinaison de 60° sur l'horizon. Le chapeau de ce filon est formé par un faisceau de veines de quartz encaissées dans des schistes ardoisiers métamorphiques très-feuilletés et chargés de matières ocreuses. Cet ensemble a une épaisseur totale d'environ 2 mètres; au centre, on distingue une veine de 5 ou 6 centimètres d'épaisseur qui est formée d'une gangue ferrugineuse, mouchetée de cuivre carbonaté. Aucun travail de recherches n'a été entrepris en ce point, où l'on s'est contenté de mettre à nu les affleurements que nous venons de décrire.

Claim de l'Anguille et Claim de Ouégoa. — Des affleurements de minerais de cuivre ont encore été signalés en deux autres points de cette région. Ils sont désignés sous le nom de *Claim de l'Anguille et Claim de Ouégoa.* Les premiers, situés dans la même vallée que la mine Laraton et à 1.500 mèt. environ en aval de celle-ci, consistent simplement dans trois veinules de quartz, de quelques millimètres d'épaisseur, encaissées dans la stratification des schistes ardoisiers, et associées à de petits filets de cuivre pyriteux et de cuivre carbonaté; le tout orienté à l'O.-N.-O. et plongeant au S. avec une inclinaison voisine de la verticale.

Les seconds paraissent être plus importants. Ils ont été découverts sur les plateaux ondulés où se trouve le village

Ouégoa, sur la rive droite de la rivière et à l'ouest du village. Les travaux de recherche qui consistaient en un puits et une galerie, avaient été malheureusement abandonnés et se trouvaient pleins d'eau, de sorte que nous n'avons pu les visiter; mais nous avons vu à la bouche du puits un tas assez considérable de minerai riche, consistant en cuivre pyriteux, cuivre sulfuré bleu, cuivre oxydulé, cuivre oxydé noir et cuivre carbonaté vert avec gangue de quartz. Ces indications sont certainement de nature à encourager la reprise des travaux de recherche en ce point.

(B) *Affleurements de filons orientés au N.-N.-E. sur le prolongemeat des filons de même direction de la mine de Balade.* — Nous venons de voir que la mine de Balade et les découvertes Delaveuve et Laraton jalonnent une longue ligne d'affleurements quartzeux et ferrugineux, orientée au N.-O., et sur tout le parcours de laquelle on observe des traces de minerai de cuivre. La mine de Balade se trouve précisément située au point .de croisement de ces filons orientés au N.-O., avec une ligne de fracture orientée au N. 25° E. Il serait important d'explorer de même le prolongement de cette ligne de fracture au N. et au S. de la mine de Balade. On trouve en effet de ce côté des indications de minerai de cuivre qui paraissent correspondre à ce prolongement. Bien que les travaux de recherche y fussent très-peu développés, ces affleurements ont été l'objet de deux concessions désignées sous le nom de concession Murat et concession Patry.

Mine Murat. — Les affleurements découverts par le sieur Murat sont situés dans une des vallées affluentes de la rivière de Ouégoa, à 700 mètres environ en amont de la mine de Balade et au N.-N.-E. de cette dernière. Une tranchée ouverte dans le flanc du ravin sur une longueur de quelques mètres suit une ligne de fracture très-nette, orientée au N. 25° E. et presque verticale, au milieu de schistes

métamorphiques compactes, sans amphibole ni mica, orientés au N. 35° O. avec plongement de 45° vers l'ouest. Un mince filet de pyrite cuivreuse occupe le plan de cette faille. A l'extrémité de la tranchée, une veine de cuivre pyriteux de 0m,107 d'épaisseur, comprise dans la stratification des schistes, vient buter franchement contre la face occidentale de la faille.

A quelques mètres au sud de ce point, on peut observer une tête de filon ferrugineux de 1 mètre de puissance, parallèle à la stratification des schistes, contenant de petits amas de pyrites cuivreuses et des veines lenticulaires de quartz qui courent du toit au mur normalement aux parois.

Mine Patry.—La mine Patry est située sur le même alignement, mais à près de 1 kilomètre au S. de la mine de Balade. On n'y a pas découvert de filon régulier, mais seulement des veines irrégulières de cuivre carbonaté bleu et vert imprégnant les schistes.

Entre la mine de Patry et la mine de Balade, on peut observer des traces d'affleurements cuivreux au point où leur alignement coupe le lit de la rivière de Ouégoa.

(C) *Affleurements situés sur la rive gauche de la rivière de Ouégoa, au voisinage des roches de glaucophane.* — Il nous reste à parler d'un groupe d'affleurements très-important qui est situé sur la rive gauche de la rivière, au milieu même de la chaîne du mont Ouégoa, et au voisinage des roches de glaucophane.

Nous avons décrit plus haut la constitution géologique de cette chaîne. Nous avons vu que, sur le versant méridional de la vallée des Soldats, un massif éruptif formé de roches de glaucophane associées à des roches d'amphibole et de talc surgit au milieu des schistes ardoisiers, et qu'il est entouré par un manteau de talcoschistes imprégnés de glaucophane.

On peut observer des affleurements de minerai de cuivre

au contact immédiat des roches de glaucophane, sur la ligne de faîte qui s'étend au sud de la vallée des Soldats. C'est un mince filon quartzeux, avec des enduits de cuivre carbonaté, dirigé au N. 35° E. avec une inclinaison de 45° vers le S.-O. Il est encaissé dans des schistes bleuâtres, principalement formés de mica blanc en lamelles enchevêtrées et de petites baguettes cristallines, qui sont du glaucophane. L'échantillon 48 représente cette association singulière et vraiment remarquable du minerai de cuivre et du glaucophane.

Mine des Soldats. — Au-dessous du point que nous venons de décrire, au fond de la vallée des Soldats, on voit reparaître les schistes ardoisiers, âpres et simplement pailletés de mica, sans glaucophane, amphibole ni talc.

Au milieu de ces schistes, se trouvent les affleurements très-remarquables désignés sous le nom de *Mine des Soldats.* Ils consistent en un banc de 2 mètres de puissance dirigé comme toute la formation schisteuse au N. 25° O. avec plongement de 45° vers le S.-O., et formé de schistes micacés très-friables et très-divisés, avec quelques veines de quartz.

Cette assise schisteuse est littéralement imprégnée de cuivre oxydulé et de cuivre natif, mélangés de matières ocreuses. Il suffit de laver au plat une pelletée de ces schistes pour en retirer une assez grande quantité de cuivre natif en grains cristallins. Les échantillons 53 et 54 représentent ces schistes et le résidu de leur lavage. Ces riches affleurements paraissent très-analogues à ceux que l'on observe près du ruisseau de la mine de Balade, au point P. Nous ignorons le résultat des travaux de recherches qui ont dû être entrepris en ce point remarquable pour déterminer l'allure et l'étendue du gisement.

Mine des Bénis-en-l'Air. — Les affleurements désignés sous le nom des Bénis-en-l'Air sont situés au milieu même

des talcoschistes altérés et imprégnés de glaucophane, sur une des crêtes qui rayonnent au S. du centre d'éruption des roches de glaucophane.

Les schistes sont orientés parallèlement à la direction de cette crête, au N. 50° E. avec plongement vers l'E. Un filon de 1 mètre de puissance court parallèlement à la stratification des schistes; il est formé de concrétions ferrugineuses avec très-peu de quartz et il contient des veinules de cuivre carbonaté bleu et vert. Ces indications de minerai de cuivre, qu'on peut observer à la surface du sol sur une longueur d'environ 50 mètres, paraissent être plus abondants au point de croisement du filon avec une ligne de fracture verticale, perpendiculaire à sa direction, orientée par conséquent au N. 40° O. Des travaux de recherches ont été entrepris en ce point de croisement; mais ils ont été abandonnés presque aussitôt, sans avoir donné aucun résultat.

3° GISEMENT DE PONDOLAÏ.

Les gisements de minerai de cuivre, découverts aux environs du village de Pondolaï, sont situés en dehors du groupe des mines de Ouégoa, à 10 kilomètres environ à l'O. du village de Ouégoa, sur les premières pentes du grand contre-fort qui se termine au piton de la Pierre. Ils sont encaissés dans des schistes savonneux tels que ceux qu'on rencontre dans la chaîne du mont Ouégoa, au voisinage des roches de glaucophane. Les travaux de recherche, encore bien peu avancés au moment de notre visite, consistaient en une galerie de quelques mètres de longueur qui suivait un filon orienté au N. 70° E., plongeant de 40° au sud, et encaissé dans des schistes talqueux. Ce filon a $0^{m},30$ de puissance; sur toute cette épaisseur son remplissage se compose de cuivre carbonaté bleu et cuivre sulfuré, avec de petites veinules de cuivre oxydulé dans une gangue quartzeuse.

Ce minerai a rendu à l'essai 51,20 p. 100 de cuivre. Une veine de quartz qui court au toit du filon contient dans ses joints de belles cristallisations de cuivre natif.

Ces affleurements sont donc très-importants, et l'on peut bien augurer du succès des travaux de recherches entrepris dans cette région. Il est bon de remarquer :

1° Que le filon de Pondolaï est orienté au N. 70° E., c'est-à-dire à peu près normalement à l'une des deux directions caractéristiques des filons du groupe Ouégoa.

2° Qu'une ligne menée de Pondolaï dans cette direction N. 70° E. passe précisément par la mine de Balade. Le gisement du claim de Ouégoa, sur lequel nous ne possédons que des données incertaines, mais dont le minerai extrait est très-analogue à celui de Pondolaï (voir échantillons 51 et 52), est aussi situé sur cet alignement.

Recherches du sieur Chapuis. — A 1.500 mètres environ à l'O. du claim de Pondolaï, les recherches du sieur Chapuis ont mis à découvert deux têtes de filons quartzeux et ferrugineux, parallèles entre eux et dirigés au N. 80° E. avec plongement au S. Chacun de ces filons a environ 0m,30 de puissance; leur remplissage se compose de concrétions ferrugineuses et de quartz ferrugineux, avec des veines de cuivre carbonaté vert et bleu et de cuivre sulfuré bleu. La découverte de ces affleurements est surtout importante en ce qu'elle atteste l'étendue de la formation cuivreuse dans cette région.

§ 3. — Résumé et conclusions. — Conditions économiques des exploitations de minerai de cuivre dans la vallée du Diahot.

Nous venons de décrire minutieusement les divers points où des gisements de minerais de cuivre ont été reconnus et même ceux où de simples indications de filons cuivreux ont été signalées. Quels enseignements en doit-on retenir pour la direction future des travaux de recherches ?

En décrivant d'une manière générale la constitution de cette région, nous avions reconnu deux grands accidents géologiques dont nous devions retrouver l'empreinte dans l'étude des gisements métallifères, savoir :

I° Éruption serpentineuse suivant la direction N.-N.-O. Elle se manifeste dans la région des mines : 1° par un soulèvement des schistes ardoisiers primitivement orientés au N. 25° E., maintenant dirigés au N.-N.-O. ou au N.-O. et plongeant constamment au S.-O avec une inclinaison variable rarement inférieure à 45°; 2° par la formation de veines et de filons quartzeux et ferrugineux, parallèles à la stratification des schistes et subordonnés à des dykes de serpentine.

II° Venue au jour des roches à base de glaucophane au milieu des micaschistes et des schistes ardoisiers, suivant un axe d'éruption dont la direction, assez incertaine, paraît voisine du N.-O.

Nous aurions pu ajouter que les bancs de schistes ardoisiers, orientés primitivement au N.-N.-E., redressés ensuite dans le sens du N.-O. = S.-E. par suite d'un soulèvement local, avaient dû conserver une tendance à la fracture suivant leur ancienne direction, et que, par suite, toute action postérieure, telle que la venue au jour des roches de glaucophane, avait dû produire dans les schistes des cassures parallèles à cette orientation.

Ces notions nous ont servi de guide dans l'étude comparative des divers gisements dont nous avons pu observer les affleurements. Nos observations peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

Des traces de cuivre pyriteux ou carbonaté ont été reconnues dans plusieurs filons quartzeux orientés aux environs du N.-N.-O. et disposés suivant la stratification des schistes. Dans ce groupe, nous avons étudié en particulier une tête de filon ferrugineux à gangue quartzeuse, dont les affleurements s'étendent en droite ligne et sur une

grande longueur depuis la mine de Balade jusqu'à la mine Laraton. En tous les points où l'on peut observer ces affleurements, on y reconnaît, au milieu des concrétions ferrugineuses, des veinules de cuivre carbonaté. Nulle part ce filon n'a été reconnu en profondeur, et les découvertes Delaveuve et Laraton ont simplement pour objet des traces de cuivre carbonaté dans les affleurements. Ces découvertes resteront sans importance tant qu'on n'aura pas reconnu la situation des zones riches dans ce filon pauvre.

La mine de Balade correspond précisément à une de ces zones riches, qui peut ne pas être unique. Malheureusement, les travaux de reconnaissance du gîte sont encore trop imparfaits pour permettre de se rendre compte des conditions auxquelles est subordonnée sa richesse. En étudiant les affleurements mis à nu par ces travaux, nous avons été amenés à conclure que la principale venue de minerais de cuivre doit être subordonnée à une ligne de fracture orientée au N. 25° E., dans l'entre-bâillement de laquelle se sont formées de belles cristallisations de cuivre oxydulé et de cuivre natif au milieu d'une gangue quartzeuse, et dont les parois sont imprégnées de cuivre natif.

En dehors de l'espace restreint occupé par les travaux de la mine de Balade, ce filon orienté au N. 25° E. n'a été exploré que d'une manière tout à fait insuffisante; toutefois son prolongement a été mis à nu, en dehors du périmètre de concession de la mine de Balade, en des points situés l'un à 700 mètres au N., l'autre à près de deux kilomètres au S. de cette mine, par les découvertes Murat et Patry; on n'y a reconnu jusqu'ici que des veinules de pyrite cuivreuse et de cuivre carbonaté. Cependant, dans cette partie de son parcours, le filon N. 25° E. coupe plusieurs filons quartzeux et ferrugineux orientés au N.-N.-O. Il resterait donc à déterminer les conditions particulières qui ont provoqué ou facilité l'épanchement des sources métallifères, au point de croisement de ce filon avec le filon

à chapeau ferrugineux qui s'étend depuis la mine Laraton jusqu'à la mine de Balade.

Nous ne pouvons songer à résoudre cette question que les travaux ultérieurs devront éclaircir. On aura sans doute à tenir grand compte de la nature des couches encaissantes, et à ce point de vue, il est important de noter la nature toute particulière des schistes amphiboliques à grandes parties de mica noir qui encaissent les bancs de cuivre pyriteux de la mine de Balade. Le fait de l'alignement des mines de Balade, des gisements très-intéressants et trop peu connus de Pondolaï, et de celui du Claim de Ouégoa sur une ligne perpendiculaire à la direction des filons ferrugineux, ainsi que l'analogie des minerais qui constituent ces gisements, est aussi remarquable. Il serait surtout intéressant de savoir exactement quel rôle on doit attribuer aux roches d'épidote et de glaucophane associées aux roches d'amphibole. La mine de Balade est au pied du massif éruptif formé par ces roches singulières. Il en est de même des affleurements très-remarquables de la mine des Soldats. Sur la montagne des Bénis-en-l'Air, nous avons observé des affleurements cuivreux dans les talcoschistes métamorphisés au contact des roches de glaucophane. M. Friedel a même reconnu une assez grande quantité de glaucophane dans un échantillon de schiste provenant de la mine de Balade (*).

Si l'expérience confirmait ces premières indications, la connaissance des roches de glaucophane pourrait devenir un guide précieux pour la recherche et pour l'étude des gisements de minerais de cuivre dans la région du Diahot.

Quoi qu'il doive advenir de ces hypothèses, et en nous en tenant aux faits observés, il est certain :

1° *Que l'étendue et la variété des affleurements de minerai de cuivre annoncent la présence, dans cette région, d'un système très-important et très-développé de filons cuprifères ;*

(*) Voir échantillon 28 : Schistes bleuâtres feuilletés, feldspathiques et micacés, contenant du glaucophane.

2° *Que, bien que ces affleurements n'aient été explorés que très-superficiellement, on y a déjà reconnu des gisements d'une haute importance, tels que la mine de Balade, à côté de laquelle des travaux de recherches plus complets permettraient peut-être de ranger la mine des Soldats et celle de Pondolaï.*

Les premiers travaux de recherches exécutés aux mines de Balade ont mis à découvert des dépôts de minerai de cuivre et de cuivre natif d'une grande richesse.

Sans doute, il reste bien des inconnues à déterminer, et des travaux de reconnaissance plus complets seraient nécessaires pour permettre de prévoir dans une certaine mesure l'avenir de l'exploitation, et d'apprécier la véritable valeur industrielle du gisement. Toute évaluation de ce genre serait absolument prématurée aujourd'hui (*). Mais en faisant une large part à l'aléa dont il faut tenir compte dans toutes les entreprises de ce genre, on doit convenir que les premiers résultats obtenus aux mines de Balade permettent de fonder les plus grandes espérances sur le développement et la prospérité des mines de cuivre de la rive droite du Diahot.

Il nous reste à indiquer quelle était exactement la situation des concessions des mines de cuivre instituées au 1er janvier 1874, et dans quelles conditions économiques l'exploitation des mines de cuivre est appelée à se développer dans cette région.

Situation des concessions de mines de cuivre instituées au 1er janvier 1874. — Bien que la découverte des mines de cuivre remonte au mois d'octobre 1872, leur exploitation n'a pu prendre une marche régulière qu'à la fin de l'année 1873,

(*) La propriété de la mine de Balade a été, au début, divisée en 12 actions que se sont partagées les inventeurs du gîte. Des capitalistes australiens, propriétaires de riches mines de cuivre dans l'Australie du Sud, après avoir fait visiter la mine par leurs ingénieurs au mois de novembre 1873, en ont acheté plusieurs actions au prix de 100.000 francs, ce qui porterait à 1.200.000 francs la valeur de la mine d'après leur estimation.

à la suite de l'arrêté du 13 septembre 1873 portant réglementation sur les mines de la Nouvelle-Calédonie, et de la décision en date du même jour qui régla les droits acquis par différents groupes d'inventeurs sous l'empire de l'ancienne législation.

Nous n'avons pas à faire ici l'historique des difficultés administratives qui furent définitivement tranchées par cette décision. En raison même des incertitudes de la législation, la délimitation des concessions était restée en suspens pendant toute une année, et, au mois de septembre 1873, on ne comptait pas moins de 18 compagnies ou groupes de mineurs qui revendiquaient, à des titres divers, des concessions de minerai de cuivre aux environs de Ouégoa. En dehors de la compagnie des mines de Balade, formée par les premiers inventeurs, aucune de ces sociétés n'avait pu disposer de capitaux suffisants pour donner quelque extension à ses travaux de recherches. A vrai dire, la plupart s'étaient contentées de mettre à découvert des affleurements plus ou moins apparents à la surface, sans faire aucune tentative sérieuse de travaux; plusieurs même s'étaient bornées à déposer des demandes de concession, sans pouvoir justifier d'une découverte, de manière à prendre position en attendant le moment de la délimitation des concessions. Lorsqu'en exécution des arrêtés du 13 septembre 1873 ces compagnies furent mises en demeure de faire délimiter leur concession et de commencer leurs travaux, sept d'entre elles disparurent et durent être déclarées déchues, faute de pouvoir payer le nombre de permis de miner nécessaire à l'obtention de la concession (*).

(*) Aux termes des articles 18 et 19 de l'arrêté du 13 septembre 1873, l'étendue de la concession acquise par simple prise de possession peut varier au gré du concessionnaire de 1 à 25 hectares. Les propriétaires de chaque concession doivent représenter un nombre de permis de miner individuels égal au nombre d'hectares et de fractions d'hectare que contient la concession, ou for-

A la date du 1er janvier 1874, treize concessions étaient définitivement instituées, l'une de 50 hectares attribuée à la compagnie des mines de Balade à titre de premier inventeur, les autres de 25 hectares et au-dessous. Le croquis représenté *fig.* 1, Pl. VIII, figure la disposition relative des concessions du groupe de Ouégoa et leur situation par rapport aux affleurements que nous avons précédemment décrits. En dehors de ce groupe, deux autres concessions, encore incomplétement délimitées au moment où nous avons quitté le Diahot, doivent avoir pour centre les affleurements de Laraton et ceux de Pondalaï.

Nous ignorons ce qu'il est advenu de ces concessions depuis cette époque. Il serait superflu de réfuter ici une erreur, très-répandue en Nouvelle-Calédonie dans les premiers temps qui ont suivi la découverte des gisements de cuivre, et qui consistait à croire que de pareils gisements sont susceptibles d'être exploités, comme l'ont été certaines mines d'or d'Australie, par l'industrie des mineurs isolés et sans le secours du capital. Au moment où nous avons quitté la colonie, la compagnie des mines de Balade était la seule qui, grâce au concours de capitaux venus en grande partie d'Australie, se trouvât en mesure de commencer des travaux d'exploitation sérieuse. Nous avons décrit les travaux de recherches exécutés par cette compagnie; il en avait été extrait environ 300 tonnes de minerais de teneurs diverses, principalement composés de cuivre oxydé, de cuivre carbonaté et de cuivre pyriteux, ce dernier rendant à l'essai environ 18 p. 100 de cuivre. De plus une route carrossable d'environ 5 kiomètres, construite aux frais de la même compagnie, reliait la mine au hameau du Caillou, point au-dessous duquel le Diahot est navigable jusqu'à la mer. Dès le moment où la concession fut définitivement instituée et à

mer une société titulaire d'un permis de mines collectif correspondant à ce même nombre de permis individuels. Le prix du permis de miner individuel est de 25 francs.

l'abri de toute contestation, des mesures furent prises pour donner aux travaux de recherches complémentaires et aux travaux d'exploitation tout le développement qu'ils comportent, avec le concours d'ingénieurs et d'ouvriers recrutés dans les districts de mines de cuivre de l'Australie du Sud. D'après une relation publiée dans le *Sydney Morning Herald* du 13 décembre 1874 et reproduite dans le *Moniteur de la Nouvelle-Calédonie* du 13 janvier 1875, la compagnie des mines de Balade occupait à cette époque 95 ouvriers dont 60 naturels des Nouvelles-Hébrides, et elle avait extrait 1.200 tonnes de minerais, dont 700 avaient été envoyées en Australie. La compagnie des mines de Balade est représentée par M. Higginson, à l'initiative et à l'esprit d'entreprise de qui l'on doit en grande partie la création de l'industrie minière en Nouvelle-Calédonie.

En dehors de la compagnie des mines de Balade, une société anonyme au capital de 262.000 francs était en formation au moment de notre départ sous le nom de compagnie des mines de cuivre du Diahot. Cette société, dont le capital paraissait devoir être souscrit dans la colonie, avait pour objet l'exploitation d'une concession de 50 hectares formée par la fusion de la compagnie Néo-Calédonienne et de la compagnie Murat. Un rapport de M. le secrétaire colonial, inséré dans le *Moniteur de la Nouvelle-Calédonie* du 20 mai 1874, annonce la constitution définitive de cette société.

On peut espérer que les résultats des premiers travaux de recherches ne tarderont pas à attirer vers les mines de cuivre de la Nouvelle-Calédonie le capital nécessaire à leur développement. Pour compléter ces informations, nous devons ajouter quelques mots au sujet des conditions économiques auxquelles sera soumise l'industrie de l'exploitation de mines de cuivre dans la vallée du Diahot et des mesures par lesquelles l'administration locale peut en favoriser le développement.

Conditions économiques. — Ces conditions économiques se composent de trois éléments principaux qui sont :

1° La législation qui régit les mines ;

2° Les voies de communication, le mode de vente des minerais et l'approvisionnement des matériaux nécessaires à l'exploitation ;

3° Le recrutement de la main-d'œuvre.

1° **Législation des mines.** — Nous n'avons pas à entrer ici dans le détail de la législation qui régit les mines en Nouvelle-Calédonie ; elle est contenue tout entière dans l'arrêté du 13 septembre 1873, portant réglementation des mines en Nouvelle-Calédonie. L'économie en a été expliquée dans le rapport en forme d'exposé des motifs que nous avons adressé à M. le gouverneur de la colonie à l'appui du projet de réglementation. Nous rappellerons seulement que les concessions de mines sont acquises en Nouvelle-Calédonie de deux manières : soit par simple prise de possession dans les formes déterminées par l'arrêté et en dehors de toute intervention administrative, soit par un acte de concession rendu par le gouverneur en conseil d'administration. L'étendue des concessions est limitée dans le premier cas à un maximum de 25 hectares, qui peut être porté à 50 hectares dans le cas de la découverte d'un gisement exploitable à plus de 10 kilomètres d'un gisement exploité. L'étendue n'est pas limitée par la loi dans le cas des concessions par acte administratif, qui ne doivent être accordées que par des motifs particuliers tirés de la nature du gisement et des conditions dans lesquelles son exploitation doit être entreprise. A part le mode d'obtention des concessions, rien ne distingue la propriété des mines en Nouvelle-Calédonie de ce qu'elle est en France. Elle est soumise aux mêmes règles et jouit des mêmes garanties. Elle est perpétuelle, sauf le cas de déchéance qui ne peut être prononcé que dans certains cas prévus et dans certaines formes par le gouverneur en conseil d'administra-

tion. Toutefois la concession instituée par acte de concession est d'abord temporaire, mais elle peut être renouvelée au bout de quinze ans et devient alors définitive et perpétuelle.

Ces dispositions ont été conçues avec la pensée d'encourager l'esprit d'entreprise et de stimuler les recherches, tout en assurant à la propriété des mines la stabilité dont elle jouit en France, et en donnant par conséquent toute sécurité aux capitaux engagés dans cette industrie.

2° Voies de communication. Vente de minerais. Approvisionnement des matières premières nécessares à l'exploitation. — Le groupe des mines de Ouégoa est, comme nous l'avons dit, relié au Diahot par un chemin carrossable de 4 à 5 kilomètres de longueur. Ce chemin suit le versant occidental de la chaîne du mont Ouégoa et aboutit au village du Caillou. Au-dessous du Caillou, le Diahot est navigable jusqu'à la mer; les bateaux de faible tonnage qui font le cabotage sur la côte peuvent même remonter jusqu'à la hauteur de ce village. A l'embouchure du Diahot, un service de pilotes est organisé dans la rade de Pam, où les navires trouvent un bon mouillage. La voie de mer est donc la voie de communication tout indiquée pour l'approvisionnement des mines et pour le transport de leurs produits.

Un service de chalands avec un remorqueur à vapeur était déjà organisé sur le Diahot, entre la rade de Pam et le village du Caillou, au mois de février 1874. Dans une note adressée à M. le gouverneur sur sa demande, à la date du 18 février 1874, nous proposions de compléter ce système de communications par la construction d'une ligne de tramways entre le village de Ouégoa et le Caillou. Dans notre pensée, la construction de ce tramway, avec le secours de la main-d'œuvre pénitentiaire et le privilége de l'exploiter pendant vingt années, pouvaient être concédés à une compagnie à la charge de transporter les marchan-

dises et les minerais de toute provenance à un tarif uniforme fixé par l'acte de concession; la concession devait être accordée par voie d'adjudication publique à la compagnie qui offrirait le plus faible tarif pour le transport du minerai. Par une convention insérée au *Journal officiel* de la colonie, du 20 mai 1874, la construction et l'exploitation de cette ligne de tramways ont été concédées à perpétuité et de gré à gré à la compagnie des mines de Balade, à la charge de transporter de Ouégoa au Caillou les minerais et les marchandises de toute provenance au prix de 10 francs par tonne. Le service des transports des minerais et des approvisionnements se trouve donc ainsi assuré à l'avenir; nous pensons toutefois que le tarif de 10 francs par tonne, qui a été consenti par l'administration, est exagéré et qu'il pourrait devenir onéreux pour l'exploitation des mines.

De la rade de Pam les minerais doivent être transportés à Newcastle, dans la Nouvelle-Galles du Sud. Des usines métallurgiques y sont installées près des mines de charbon et traitent la plus grande partie des minerais de cuivre exploités en Australie. Si nous sommes bien informé, la compagnie des mines de Balade a traité avec les usines de Newcastle pour la vente de ses minerais sur les mêmes bases que les grandes mines de cuivre de l'Australie du Sud. L'usine tient compte à la mine de toute la valeur du cuivre extrait, en percevant pour frais de traitement une somme fixe de £ 2, 10 sh., soit 62f,50 par tonne, quelle que soit la teneur du minerai. On peut évaluer à environ 50 francs par tonne les frais de transport du minerai de Ouégoa au Caillou, du Caillou à Pam par chalands, et de Pam à Newcastle. Nous pouvons donc compter que les frais de transport et les frais d'usine que le minerai aura à supporter au sortir de la mine absorberont l'équivalent d'une teneur en cuivre de 5 à 5,5 p. 100. Or en dehors des minerais extra riches, tels que cuivre oxydulé et cuivre natif, la majeure

partie des minerais à transporter se composera sans doute de pyrites cuivreuses, tenant de 18 à 20 p. 100 de cuivre.

On peut espérer de plus que la suite des travaux de recherches permettra de découvrir des veines notablement argentifères. On doit principalement rechercher l'argent dans les cuivres sulfurés gris bleu que l'on rencontre dans certaines parties de la mine de Balade et dans les affleurements de Ouégoa et de Pondolaï; des échantillons de ces deux dernières mines analogues aux échantillons 51 et 52 de la collection, essayés au bureau d'essai de l'École des mines, ont donné :

	CUIVRE.	ARGENT.
	—	—
Minerai de Pondolaï. .	51,20 p. 100	30 grammes par tonne de minerai.
— de Ouégoa. . .	41,60 p. 100	20 — —

Pour organiser dans de bonnes conditions le transport par mer des minerais de Pam en Australie, il y aurait sans doute lieu d'adopter une combinaison analogue à celle qui est appliquée entre les mines de l'Australie et le port de Newcastle. Les navires qui transportent le minerai à Newcastle en reviennent chargés de charbon avec lequel une partie du minerai est traité sur place. On devrait alors installer des fourneaux au port de Pam et y faire subir une première fonte pour mattes aux minerais les plus pauvres.

Pour compléter le système des voies de communication indispensable au développement de l'industrie des mines dans la vallée du Diahot, il sera sans doute jugé nécessaire d'établir une route carrossable sur la rive droite du fleuve entre Ouégoa et la mer. Non-seulement cette route relierait entre eux les différents groupes miniers de Ouégoa et de Pondolaï, mais l'ouverture de cette voie provoquerait sans doute sur son parcours la création de centres de culture dont les excellentes qualités du sol et le voisinage d'un centre de consommation tel que les mines garantissent la prospérité. Enfin, il suffirait d'ouvrir des chemins muletiers

pouvant servir de passage pour le bétail et qui seraient faciles à établir, d'un côté dans la direction de Poëbo, de l'autre dans celle de Koumac, pour assurer l'approvisionnement du district minier.

Quant aux bois de mines, les niaoulis en fournissent d'excellents; ils abondent dans la région des mines, ainsi que dans toute la Nouvelle-Calédonie. Au moment de notre séjour dans la colonie, il n'existait pas encore de législation forestière en Nouvelle-Calédonie et les bois exploités pour les besoins des mines ne l'étaient que par tolérance. Il est à souhaiter que l'administration locale comble au plus tôt cette lacune, et que la nouvelle législation, tout en sauvegardant les grands intérêts qui s'attachent à la conservation des forêts, soit assez libérale pour permettre à l'industrie des mines de s'approvisionner de cette matière première dans de bonnes conditions.

3° **Recrutement de la main-d'œuvre.** — Au mois de janvier 1874, on pouvait évaluer à 3 ou 400 personnes la population groupée autour des mines de Ouégoa. La plupart se composaient de *prospecteurs*, c'est-à-dire de chercheurs de gisements. Il est difficile de recruter des ouvriers au milieu de cette population nomade, qui n'accepte la contrainte d'un travail régulier que comme un sacrifice passager qui doit lui fournir les moyens de reprendre au plus tôt sa vie aventureuse.

A l'époque dont nous parlons, le prix de la main-d'œuvre pour un travail journalier de huit heures s'élevait dans la vallée du Diahot à 100 ou 120 francs par semaine; sur cette somme on peut compter que chaque ouvrier devait prélever environ 35 francs pour sa nourriture. Outre que le prix de la main-d'œuvre est très-élevé, sa qualité est très-défectueuse. Pour avoir de bons ouvriers aptes aux travaux divers que comporte l'exploitatation régulière d'une mine métallique, il faudrait les recruter soit en Australie, soit en Europe, et

c'est un problème fort difficile à résoudre dans l'état de notre législation que celui de savoir comment des engagements de ce genre peuvent être contractés de manière à garantir au chef d'industrie l'exécution du contrat.

D'après une relation publiée par le *Sydney Morning Herald* du 18 décembre 1874, à laquelle nous avons déjà fait allusion, la compagnie des mines de Balade employait à cette époque, outre 35 ouvriers blancs, sans doute recrutés en grande partie dans l'Australie du Sud, 60 naturels des Nouvelles-Hébrides. Ces travailleurs indigènes peuvent être engagés pour trois ans, dans des formes déterminées par les règlements locaux, moyennant une prime de 250 ou 300 francs et environ 30 francs par mois de salaire et de nourriture. On peut espérer les employer très-utilement pour les travaux extérieurs de la mine et peut-être même pour certaines opérations délicates, telles que le triage des minerais, qui conviendraient très-bien à leurs instincts.

Il est certain que cette question du mode de recrutement de la main-d'œuvre est une des plus délicates et que de la manière dont elle sera résolue dépend dans une grande mesure l'avenir de l'industrie minière en Nouvelle-Calédonie. Elle touche de près à d'autres questions plus générales, relatives au mode de développement de la colonisation pénitentiaire, qu'il ne nous appartient pas de traiter ici.

CHAPITRE III.

MINES D'OR.

§ 1. — Historique.

C'est en 1863 que la présence de l'or, en Nouvelle-Calédonie, fut signalée pour la première fois. On en reconnut alors des traces sur le versant oriental de la chaîne de mi-

caschistes qui borde la côte N.-E. de l'île, sur le territoire de la tribu de Poëbo. M. Jules Garnier a décrit des recherches faites dans cette région dans le cours de l'année 1864. On reconnut à cette époque, dans la vallée de Houébiahomme, une petite poche d'alluvions contenant quelques paillettes d'or associées à une certaine quantité de quartz, de fer oxydulé, de pyrites, de grenats et de titane rutile. Ces recherches durent être abandonnées sans avoir amené la découverte d'un gisement exploitable.

Dans les derniers mois de 1870, un groupe de quatre mineurs, les sieurs Hook, Piper, Bailly et Borgnis, explorant la vallée du Diahot, rencontra sur la rive gauche du fleuve dans le massif de Manghine de riches affleurements aurifères. Un arrêté en date du 14 décembre 1870 leur accorda la concession extraordinaire de 25 hectares promise depuis 1869 aux premiers inventeurs d'un gisement aurifère exploitable en Nouvelle-Calédonie. Cette concession prit le nom de *concession de la Fern-Hill.*

Depuis cette époque, le filon aurifère de la Fern-Hill est resté le seul gisement exploitable connu en Nouvelle-Calédonie. Les travaux de recherches entrepris dans le massif de Manghine, en dehors de la vaste concession accordée aux premiers découvreurs, sont demeurés sans résultat. A la vérité on a reconnu des traces d'or, ce que les mineurs appellent des *couleurs d'or*, dans le lit de la plupart des ruisseaux qui descendent de la chaîne des micaschistes vers la mer, sur les territoires de Poëbo et d'Oubatche. On a encore signalé des indications d'or assez importantes dans le cours supérieur de la rivière de Jenghen, et même dans le massif du mont Dore au-dessus de Saint-Louis; des travaux d'exploitation étaient entrepris de ce côté au moment de notre départ, mais il ne paraît pas que ces recherches aient encore amené la découverte de gisements susceptibles d'être exploités. D'ailleurs, pendant cette période, l'attention des *prospecteurs* a été détournée de la

recherche de l'or, à la suite de la découverte des mines de cuivre. Ajoutons que la recherche de celles-ci est relativement beaucoup plus facile; leurs affleurements sont aisés à reconnaître à la surface, tandis que la découverte des filons aurifères exige chez ceux qui s'y adonnent une grande expérience. Il faut beaucoup d'habileté et une longue pratique pour reconnaître sûrement par le lavage au plat les *couleurs d'or* qui doivent conduire de proche en proche à la découverte d'un filon.

L'exploitation de l'or en Nouvelle-Calédonie est donc restée concentrée depuis 1870 entre les mains des premiers inventeurs. Les débuts furent assez brillants. Une usine pour le broyage du quartz aurifère et l'extraction de l'or par voie d'amalgation, fut installée sur la concession, au bord du Diahot. Au mois de septembre 1873, cette usine avait traité 1.200 tonnes de quartz aurifère ayant donné, d'après la déclaration que m'ont faite les exploitants, 4.663 onces d'or valant 443.896 francs. Malheureusement l'exploitation prit peu de développement. Malgré l'étendue de la concession, les travaux de reconnaissance restèrent circonscrits dans un très-petit rayon autour du premier point de découverte. A la fin de l'année 1873, la mine ne produisait plus que des pyrites pauvres, et l'exploitation dut être abandonnée; je ne sache pas qu'elle ait été reprise.

Il est difficile d'apprécier justement jusqu'à quel point ce résultat doit être attribué à l'insuffisance et à la mauvaise direction des travaux exécutés par les concessionnaires, tout à fait incompétents pour diriger une entreprise de ce genre. En tous cas il est bien peu probable qu'un filon aurifère, aussi riche que l'a été le filon de la Fern-Hill au début de l'exploitation, soit un fait isolé en Nouvelle-Calédonie; et nous ne doutons pas que des recherches persévérantes ne doivent amener la découverte de nouveaux gisements.

Pour éclairer ces recherches, il est important de rendre

compte des travaux exécutés dans le massif de Manghine par les concessionnaires de la Fern-Hill, et en dehors de cette concession par diverses personnes. Nous comparerons ensuite les faits ainsi observés avec les résultats de l'expérience acquise en Australie et en Nouvelle-Zélande. Nous consacrerons enfin un chapitre spécial au mode de traitement du quartz aurifère à l'usine de Manghine et aux perfectionnements dont ce procédé est susceptible.

§ 2. — Description des travaux de recherche et d'exploration des filons aurifères dans le massif de Manghine.

Description du massif de Manghine. — Il n'existe pas, à notre connaissance, de carte topographique des environs de Manghine. A défaut de carte, on devra recourir, pour l'intelligence de la description qui va suivre, au croquis représenté par la *fig.* 3, Pl. VIII. Ce n'est qu'un lever à vue exécuté très-rapidement et destiné simplement à indiquer la position relative des divers points où ont été entrepris les travaux de recherches.

Nous avons déjà indiqué comment était située la montagne de Manghine. Elle forme l'extrémité du dernier des contre-forts entre lesquels le Diahot serpente avant de déboucher dans son bassin inférieur. Nous avons vu plus haut comment, sur la rive gauche du fleuve, ces contreforts se rattachent à un grand massif central, que le chemin de Koumac à Manghine (dont nous avons donné la description) franchit près de son sommet. Comme notre croquis l'indique, le point culminant de la montagne de Manghine est le *pic de l'Arbre seul*, élevé d'environ 90 mètres au-dessus du niveau du fleuve; deux arêtes s'en détachent du côté de l'E. Elles s'avancent vers le Diahot en formant une sorte de V, dont les extrémités sont au point A et B, et que le cours du fleuve contourne. Les branches de ce V sont dirigées, l'une au N. 30° E., l'autre au S. 35° E. En étudiant les sinuosités que décrit le cours du Diahot avant d'arriver

à Manghine, on peut aisément le décomposer en éléments rectilignes qui oscillent autour de ces deux directions. Nous retrouvons donc, dès les premiers pas dans cette région, l'empreinte des deux systèmes de soulèvements orientés au voisinage du N.-N.-O. et du N.-N.-E., dont nous avons déjà reconnu l'influence prépondérante dans le district des mines de cuivre.

La mine de la Fern-Hill est située au N.-N.-E. du pic de l'arbre seul, sur le versant occidental de la ligne de faîte qui s'en détache dans la direction du N.-E. Un tramway d'environ 800 mètres de longueur franchit une dépression de cette ligne de faîte vers son extrémité; il relie la mine à l'usine d'amalgamation qui est située au bord du fleuve. La direction supposée du filon aurifère exploité à la mine de la Fern-Hill est comprise entre le N.-E. et le N.-N.-E. Tous les travaux de recherches entrepris en dehors de la concession de la Fern-Hill l'ont été, comme le croquis l'indique, sur le prolongement de cette direction présumée des filons aurifères, au S.-S.-E. de la mine de la Fern-Hill, de part et d'autre du pic de l'Arbre seul.

On se souvient qu'en suivant le sentier qui mène de Manghine à Koumac nous avons reconnu que tout le massif que ce chemin traverse au-dessus de la vallée du Diahot était formé de schistes feldspathiques ferrugineux et ardoisiers, orientés au voisinage du N.-N.-O., et soulevés par les roches trappéennes et serpentineuses qui pénètrent au milieu des schistes et qui les métamorphisent à leur contact. Nous avons vu aussi qu'en aval de Manghine la rive gauche du Diahot était bordée par un bourrelet de roches serpentineuses, sur lesquelles s'appuient des schistes feldspathiques orientés au N.-N.-O. La montagne de Manghine appartient principalement à cette même formation de schistes feldspathiques, avec un lambeau de schistes micacés et de talcoschistes; sauf quelques veines de stéatite, on n'y rencontre pas de roches serpentineuses. La

direction qui domine est celle du N.-N.-E., et l'allure des couches paraît être subordonnée à un faisceau de veines de quartz, orientées suivant cette direction, et sur les affleurements desquelles s'alignent tous les travaux de recherches. La direction du N.-N.-O. n'est représentée ici que par des filons croiseurs obliques à la stratification des schistes.

Toute la zone située au N.-E. de la mine de la Fern-Hill jusqu'au Diahot est occupée par des schistes représentés dans la collection par l'échantillon 56, qui paraissent être des micaschistes décomposés analogues à ceux qu'on observe en divers points de la côte N.-E. Ce sont ici des schistes argileux très-friables, écailleux, pulvérulents, parfois savonneux, légèrement colorés en rouge brique par de l'oxyde de fer, et qui se divisent en une poussière rouge brique très-pénétrante. Ils contiennent en grande abondance des veinules de quartz blanc, vitreux, dont les débris couvrent le sol. La mine de la Fern-Hill est située précisément au contact de ces micaschistes décomposés avec des schistes feldspathiques semi-ardoisiers plus ou moins métamorphisés au contact des filons quartzeux. Au milieu de ces schistes on peut encore observer, notamment au sommet du pic de l'Arbre seul, quelques lambeaux de micaschistes avec de grandes lames contournées de mica bronzé, tels que ceux qui sont représentés par l'échantillon 57. Il ne nous a pas été possible de déterminer les conditions du contact de ces îlots de micaschistes de la montagne de Manghine avec les schistes feldspathiques et ardoisiers. En nous reportant à ce que nous avons observé dans le massif de l'Ouégoa, où les micaschistes et les talcoschistes apparaissent au jour au milieu des schistes ardoisiers en même temps que les roches de glaucophane, nous ferons remarquer : d'une part que ces deux points sont situés précisément sur un même alignement orienté au N.-N.-E.; d'autre part, que nous n'avons pas trouvé de traces de glaucophane dans les

échantillons de micaschistes et de talcoschistes que nous avons recueillis en différents points de la montagne de Manghine et principalement au voisinage du filon aurifère.

Les schistes feldspathiques semi-ardoisiers occupent toute la zone située au S. de la mine de la Fern-Hill. Ce sont des schistes noirs ou jaunes, durs, âpres, plus ou moins feuilletés, généralement très-altérés près de la surface. Leur direction oscille autour du N.-N.-E.; ils plongent constamment vers l'O. en faisant avec l'horizon un angle variable de 45° à 90°. Ces schistes sont sillonnés par de nombreuses veines lenticulaires de quartz blanc laiteux avec un éclat gras. Le versant occidental de la ligne de faîte et le fond de la vallée au bord du Diahot, sont couverts de gros blocs de quartz provenant de la destruction par les agents atmosphériques des têtes de filons quartzeux.

Au milieu des schistes feldspathiques, il faut remarquer un banc de schistes métamorphiques d'aspect particulier, qui sont représentés par l'échantillon 58. Ce sont des schistes durs, compactes, à cassure franche, très-imprégnés de quartz de manière à former une sorte de quartzite avec de petites géodes de quartz cristallin. Leur couleur verdâtre est zébrée par des bandes jaunes formées par une matière ocreuse pulvérulente qui paraît provenir de la décomposition de pyrites. On rencontre ce banc imprégné de quartz aurifère dans les travaux de la Fern-Hill. On le retrouve, mais alors imprégné de quartz stérile, dans les travaux de recherches entrepris en *a* et en *f* par le sieur Béquillet pour explorer le prolongement vers le S.-S.-O. du filon de la Fern-Hill. Enfin, sur le prolongement du même alignement au delà du pic de l'arbre seul, on peut observer encore ces mêmes couches présentant toujours le même aspect. Elles forment des affleurements rocheux facilement reconnaissables à la surface du sol, notamment près des travaux de recherches du sieur Patry et de la compagnie Néo-Calédonienne. Nous verrons, en décrivant ces différents travaux

de recherches, que ces bancs de qnartzite sont constamment en contact avec des filons quartzeux très-analogues d'aspect au filon aurifère de la mine de Fern-Hill, et qui paraissent en être le prolongement.

Ces notions préliminaires étant acquises, nous devons passer en revue et décrire successivement les divers travaux d'exploitation et de recherches entrepris dans cette zone depuis 1870.

Mine de la Fern-Hill. — La mine de la Fern-Hill est établie sur le versant septentrional d'un petit ravin orienté au N. 35° O. Comme nous l'avons dit, elle se trouve précisément au point de contact des micaschistes avec les schistes feldspathiques semi-ardoisiers. Ainsi, la mine étant ouverte dans des micaschistes et talcoschistes plus ou moins altérés, une petite tranchée de recherches creusée de l'autre côté du ravin, au bord du ruisseau, a mis à nu des schistes feldspathiques métamorphiques âpres, durs, fibreux, semi-ardoisiers, se divisant en plaquettes minces, tels que ceux qui sont représentés par l'échantillon 75.

L'or a été rencontré au début à la surface même du sol, près de l'extrémité *a* de la tranchée *aa'*. Sur une certaine étendue autour de ce point, le sol, formé de débris schisteux altérés, contient une grande quantité d'or facile à séparer par le lavage; 300 tonnes de ces débris de surface, traités à l'usine de broyage et d'amalgamation, ont donné une teneur moyenne de 75 francs d'or à la tonne. Cet or disséminé dans le sol indiquait une tête de filon aurifère. Ce filon a été exploité :

1° A ciel ouvert, par la tranchée *aa'* qui a été ouverte dans le flanc de la colline depuis son sommet, sur une hauteur totale de 7 mètres, en suivant les affleurements du filon aurifère dans la direction du N.-N.-E. = S. S.-O.;

2° Souterrainement, jusqu'à 25 mètres de profondeur, par trois étages de galeries tracées suivant la direction du

filon au-dessous des affleurements *aa'*; on y a accès par un puits *b* situé au fond du ravin dans le prolongement de la tranchée. L'ensemble des travaux d'exploitation occupe de *a* à *b* un développement d'environ 40 mètres suivant la direction présumée du filon.

La direction moyenne du filon est d'environ N. 25° E.; son inclinaison est voisine de la verticale, sa puissance varie de $0^m,40$ à $1^m,50$. Il est encaissé dans la stratification des schistes très-altérés à son contact et d'aspect très-variable. Sur la face O de la tranchée, ce sont des schistes gris bleus, pailletés de mica, satinés et écailleux, très-friables, tels que ceux qui sont représentés par l'échantillon 59. Sur l'autre face, on observe des schistes très-altérés, happant fortement à la langue, blancs avec des veines rouges et roses contournées, qui paraissent être le produit de l'altération des micachistes ou des talcoschistes.

Le corps du filon se compose d'un faisceau de veines minces de quartz au milieu des schistes. L'or s'y trouve à l'état natif, dans les cellules d'un quartz carié, blanc ou légèrement coloré en rouge de fer, ayant l'apparence d'un biscuit. Quelques grains d'or sont visibles à l'œil nu, mais la majeure partie du métal est très-finement disséminée dans le quartz, et ne peut en être séparée que par le lavage après broyage.

L'or se trouve aussi dans la roche schisteuse elle-même qui est intimement imprégnée de quartz. Comme nous l'avons dit, la mine se trouve au contact des micaschistes et des schistes feldspathiques semi-ardoisiers. On y distingue : 1° des schistes en plaquettes, quelquefois tout à fait blancs, parfois légèrement veinés de blanc et rose, rayant le verre, âpres au toucher, ayant l'apparence d'un os desséché, qui contiennent des petits grains d'or natif disposés entre les feuilets; 2° des schistes métamorphisés et imprégnés de quartz grenu avec des bandes d'une matière jaune pulvérulente, qui sont identiques au banc de quartzite que nous

avons décrit plus haut, et que représente l'échantillon 58. L'or s'y trouve au contact du quartz grenu et des schistes principalement suivant les bandes ocreuses; 3° des schistes savonneux, micaschistes ou talcoschistes, où l'or natif est associé à une matière jaune, ferrugineuse et quartzeuze, pulvérulente. Ces schistes contiennent une matière schisteuse verdâtre qui a été analysée en 1872 au bureau d'essai de l'École des mines, et qui s'est trouvée être *un silicate d'alumine, de magnésie et de fer, de composition analogue à la serpentine.*

Le filon principal que nous venons de décrire est coupé par une série de croiseurs orientés au N. 30° O. et plongeant vers le S.-O. avec une inclinaison de 60°. Ce sont des veines de quartz résineux, brun et rougeâtre, avec des géodes tapissées de matières ferrugineuses. A leur rencontre, le filon s'infléchit légèrement en se rapprochant de la direction N.-S. Les parties les plus riches en or correspondent dans le filon à ces changements de direction.

Lorsque nous avons visité la mine, le plus important de ces croiseurs limitait le champ d'exploitation au sud. Sa trace à la surface paraît correspondre précisément au ravin sur la rive droite duquel est située la mine et qui est dirigé lui-même au N.-N.-E.=S.-S.-O. Dans la mine, ce croiseur est représenté par une veine de quartz brun ferrugineux de $0^m,30$ d'épaisseur. Le filon est très-notablement dévié et il devient en même temps exceptionnellement riche, au voisinage du croiseur. Celui-ci est lui-même aurifère, au moins près de son intersection avec le filon principal. En broyant et lavant au plat le quartz rougeâtre ferrugineux qui forme son remplissage, on y a constaté devant nous la présence d'une assez grande quantité d'or.

Ces croiseurs n'ont été considérés par les exploitants de la mine que comme de simples ramifications au toit et au mur du filon principal. Bien qu'on y ait constaté la présence de l'or, on a négligé de les suivre en direction par des galeries de recherche. A nos yeux, dans tous les travaux

de recherche exécutés dans la montagne de Manghine, on a eu grand tort de s'attacher exclusivement à la direction N.-N.-E., et de méconnaître l'importance des croiseurs orientés au N.-N.-O.

La zone aurifère dans le filon N.-N.-E. = S.-S.-O. paraît être peu étendue en direction. Tous les travaux de recherche entrepris sur le prolongement de ce filon vers le sud, sur la rive gauche du ravin, n'ont rencontré qu'un filon quartzeux absolument stérile. Vers le nord, on n'a pas exploré le prolongement du filon dans les micaschistes au delà de l'extrémité *a* de la tranchée. Mais en ce point *a* le filon, quoique encore riche, est déjà sensiblement appauvri, sa richesse diminuant assez rapidement quand on s'éloigne d'un croiseur dont la trace est apparente dans la tranchée *aa'* à une dizaine de mètres au sud du point *a*. Au dire des exploitants eux-mêmes, *l'or plonge au sud dans le filon.* Plus exactement, nous dirons que les *zones métallifères dans le filon quartzeux orienté au N.-N.-E. forment des colonnes inclinées suivant l'intersection de ce filon vertical avec un faisceau de croiseurs orientés au N.-N.-O et plongeant au S.-O.*

Au moment où nous avons visité la mine, le filon avait été entièrement exploité dans la zone que nous venons de décrire jusqu'au niveau de la galerie inférieure ; 900 tonnes de quartz ainsi extraites avaient donné par le traitement à l'usine de broyage d'amalgamation 421.396 francs d'or, ce qui représente une teneur moyenne de 468 francs d'or brut à la tonne. Ce métal brut contenait 7,5 p. 100 de son poids d'argent. Mais en profondeur l'or disparaît, et le filon se transforme en un filon pyriteux. En approfondissant le puits *b* au-dessous de la galerie inférieure pour ouvrir un nouvel étage d'exploitation, on a constaté qu'à ce niveau le filon, dont la puissance atteint 2 mètres, est formé de pyrite ferrugineuse et principalement de pyrite magnétique mélangée de quartz et imprégnant les schistes.

L'échantillon 67 représente cette manière d'être du filon. Il ne contient plus d'or natif à l'état libre. Si l'on compare les échantillons 67 et 62, il semble que les quartz cariés grenus et criblés de cellules, dans lesquels on rencontre l'or natif près les affleurements, ne soient autre chose que le résidu de l'altération du filon pyriteux dont les pyrites auraient été décomposées ou dissoutes près de la surface. Dans cet ordre d'idées on pouvait espérer trouver de l'or dans les pyrites à l'état de combinaison, en supposant que l'or natif, qui se trouve concentré dans les géodes quartzeuses près de la surface, ait été primitivement combiné chimiquement aux pyrites, puis rendu libre au moment de leur destruction.

Malheureusement cette hypothèse et les espérances qu'elle aurait pu faire naître sont jusqu'à présent démenties par les faits. Les échantillons de ces pyrites provenant du puits de la Fern-Hill, qui ont été analysés au bureau d'essais de l'École des mines, ne contenaient pas traces d'or ; quelques échantillons contenaient une petite quantité d'argent, soit 50 grammes d'argent à la tonne.

Cette transformation et cet appauvrissement du filon audessous des affleurements ont déterminé la suspension de l'exploitation. En dehors des travaux très-restreints que nous venons de décrire, les 25 hectares qui forment la concession de la Fern-Hill sont restés absolument inexplorés. Il est à désirer que les travaux de recherches y soient repris d'une manière plus sérieuse et sous une direction plus éclairée.

Travaux de recherches en dehors de la concession de la Fern-Hill, sur le prolongement au S.-S.-E. du filon quartzeux. — Comme nous l'avons dit, les divers travaux de recherches entrepris dans le massif de Manghine, en dehors de la concession de la Fern-Hill, ont eu pour objet exclusif le prolongement vers le sud, au milieu des schistes feldspa-

thiques, du filon quartzeux orienté au N.-N.-E. = S.-S.-O. Le croquis (*fig.* 3, Pl. VIII) indique l'emplacement de ces divers travaux. Ils s'étendent de part et d'autre du Pic de l'Arbre seul, sur un développement d'environ 900 mètres.

Sur le versant septentrional du massif de l'Arbre seul, nous remarquons d'abord deux tranchées de recherches *c* et *d*. La tranchée *c* a mis à nu des schistes feuilletés feldspathiques et ardoisiers, et dans ces schistes un filon d'un mètre de puissance orienté au N. 50° E. avec plongement vers l'O. On remarquera que ce filon est perpendiculaire à la direction N. 40° O., et qu'il appartient par conséquent au même système que les croiseurs dont nous avons signalé l'importance dans la mine de la Fern-Hill. Son remplissage se compose de quartz empâté dans une gangue argileuse plastique. D'après les analyses faites au bureau d'essais de l'Ecole des mines, sur les échantillons recueillis dans la tranchée *c*, ce filon ne contient pas de traces d'or ni d'argent.

La tranchée *d*, ouverte de l'autre côté du ravin, coupe le flanc d'un contre-fort formé de schistes feldspathiques métamorphiques, durs, fibreux, divisés en plaquettes par trois clivages rhomboïdaux; ces schistes, orientés au N. 25° E. et plongeant vers l'O., sont sillonnés de veines de quartz blanc, translucide, à cassure grasse, dont les débris couvrent le sol.

Le sieur Béquillet a entrepris de traverser ce contre-fort, pour y trouver le prolongement du filon de la ***Fern-Hill***. A cet effet, deux galeries de directions opposées ont été ouvertes en *e* et en *f*, sur les deux versants du contre-fort. Elles ont atteint, l'une 30 mètres, l'autre 40 mètres de longueur sans se rencontrer. Elles traversent toute une série de schistes ardoisiers très-quartzeux et encaissant des veines de quartz, le tout dirigé au N.-E. La galerie *e* vient buter à son extrémité contre un banc de quartzite qui est en contact avec des schistes métamorphiques blancs, colorés par des veines

rougeâtres, et divisés en plaquettes à 3 clivages. (Voir échantillon 73.) Ce banc de quartzite et ces schistes métamorphiques imprégnés de quartz sont très-analogues à ceux que nous avons décrits comme étant en contact avec le filon aurifère dans la mine de la Fern-Hill. Ils sont ici tout à fait stériles. On n'y a pas jusqu'ici découvert la moindre trace d'or.

Sur le versant méridional du pic de l'Arbre seul, les seuls travaux de recherches qui aient quelque importance se composent de deux galeries de recherches ouvertes en *k* et en *i* par la compagnie Néo-Calédonienne.

Nous avons vu que de ce côté on peut suivre à la surface du sol, dans la direction du filon N.-N.-E.=S.-S.-O. de la Fern-Hill prolongé, les affleurements rocheux d'un banc de schistes siliceux métamorphiques, tels que ceux qui sont représentés par l'échantillon 58, identiques par conséquent à ceux qu'on rencontre dans la mine de la Fern-Hill et dans la galerie Béquillet. Leur direction est au N.-E. avec plongement vers l'O. La galerie *k*, ouverte au-dessous des affleurements de cette assise schisteuse, se dirige à sa rencontre vers le N.-O. Cette galerie a 45 mètres de longueur; elle traverse d'abord des schistes feldspathiques légèrement micacés, dans lesquels sont intercalées des veines de quartz. Puis on rencontre un filon bien net dirigé au N.-E. et plongeant vers l'O. en faisant avec la verticale un angle de 5°. Il est formé de veines de quartz carié, qui se trouvent au milieu des schistes argileux et talqueux, friables et très-altérés, imprégnés de quartz grenu ou pulvérulent ferrugineux. L'aspect de ce filon ainsi que des schistes métamorphiques qui sont à son contact rappelle exactement celui du filon aurifère de la Fern-Hill, dont celui-ci paraît être le prolongement. Ce filon quartzeux a été exploré, à partir du point où la galerie *k* le rencontre, par une galerie de 10 mètres de longueur tracée suivant sa direction, et par une cheminée de 7 mètres suivant sa ligne de plus grande

pente, sans qu'on y ait découvert de traces d'or. Sa puissance varie de 0^{m},30 à 1^{m},60. Il conserve le même aspect et ne contient pas de pyrites. Au mur de ce filon, la galerie *k* se prolonge pendant quelques mètres au milieu de schistes siliceux métamorphiques analogues à l'échantillon 58.

La galerie *i*, ouverte à 20 mètres au-dessous de la galerie *h*, n'a pas encore rencontré le filon. Elle traverse une série de schistes feldspathiques semi-ardoisiers et silicifiés, imprégnés d'une poussière jaune de quartz ferrugineux.

Entre les travaux de la compagnie Néo-Calédonienne, que nous venons de décrire, et le pic de l'Arbre seul, une petite galerie de recherches a été ouverte par le sieur Patry au point *g*, dans le même banc de schistes siliceux métamorphiques. Cette galerie, qui se dirige vers l'O., traverse plusieurs veines de quartz stérile orientées au N.-N.-E.

Filons croiseurs orientés au N.-N.-O.; mine Eurêka. — Les travaux de recherches que nous venons de décrire ont eu un résultat négatif, mais ils sont trop restreints pour qu'on puisse en conclure que le prolongement du filon quartzeux orienté au N.-N.-E. = S.-S.-O. soit absolument stérile sur tout son développement au sud de la mine de la Fern-Hill. Il peut s'y trouver d'autres zones aurifères d'étendue limitée, telles que le gisement de la Fern-Hill. Celui-ci est caractérisé, comme nous l'avons vu, par l'intersection du filon N.-N.-E. = S.-S.-O. avec un faisceau de croiseurs orientés au N.-N.-O. Il est possible que d'autres croiseurs du même système déterminent dans le même filon de nouvelles zones aurifères. A ce point de vue, un petit filon cuivreux, qui, sous le nom de *mine Eurêka*, a donné lieu à quelques travaux de recherches dans les derniers mois de l'année 1872, peut avoir une réelle importance.

L'emplacement de la mine Eurêka est indiqué sur le croquis au point *h* sur le versant S.-O. du pic de l'Arbre

seul. C'est à vrai dire le premier point de découverte du cuivre en Nouvelle-Calédonie; mais les travaux de recherche commencés en ce lieu furent abandonnés peu de temps après, lorsque furent découverts les riches gisements cuivreux de la rive droite du fleuve. Le filon consiste, près de ses affleurements, en une mince veine de quartz imprégné de cuivre carbonaté bleu et vert et moucheté de pyrites de cuivre (voir échantillons 76). A quelques pieds de profondeur la veine présentait une soufflure d'où l'on a pu extraire un bloc de minerai de 510 kilogrammes. Le filon s'amincit de nouveau au-dessous de ce petit amas, et il se réduit à une veine de quartz de quelques centimètres d'épaisseur, dans laquelle les travaux de recherches se sont arrêtés. Ce gisement, d'ailleurs très-insuffisamment exploré, paraît donc présenter une disposition en chapelet. La direction du filon est au N. 25° O., et par conséquent oblique à la stratification des schistes; son plongement est vers le S.-O. avec une inclinaison de 50°. Des échantillons de minerai de cuivre, extraits de ce filon, ont été analysés en 1872 au bureau d'essai de l'École des mines. On y a trouvé 22,40 p. 100 de cuivre. *L'essai pour or et argent a donné :*

Or, par tonne.........	50 *grammes.*
Argent, par tonne......	11 *id.*

A peu de distance vers l'O. des travaux de la compagnie Néo-Calédonienne, au point *l*, on peut observer la trace d'une faille transversale à la stratification des schistes, et dans le plan de laquelle on observe des traces de pyrites cuivreuses. Cette faille est orientée au N. 60° O. Elle est donc sensiblement perpendiculaire à la direction du filon de la mine Euréka, et elle appartient par conséquent au même système.

La direction du N.-N.-O. appartient donc, dans le massif de Manghine comme sur la rive droite du Diahot, à des filons cuivreux. Mais, de plus, nous venons de voir que le

filon de la mine Euréka, orienté suivant cette direction, contient une notable quantité d'or associée au minerai de cuivre. En suivant ce filon vers l'O., on viendrait buter à peu de distance du point *h* contre le prolongement du filon N.-N.-E. = S.-S.-O. de la Fern-Hill. Nous regrettons qu'on n'ait pas encore exploré ce point de croisement, auquel pourrait correspondre une nouvelle zone riche du filon aurifère. Il est vrai de dire qu'aux espérances de ce genre on peut opposer ce fait, que la présence des filons aurifères est généralement annoncée par la découverte de l'or à la surface dans les terrains remaniés au-dessous de leurs affleurements, et que l'on n'a point trouvé de *couleurs d'or* dans le massif de Manghine, ailleurs que dans le ravin où est située la mine de la Fern-Hill et en aval de ce gisement.

Recherches en dehors du massif de Manghine. Filons d'Oubatche. — Les explorations faites dans la vallée du Diahot, en dehors du massif de Manghine, pour y découvrir de nouveaux gisements aurifères, sont restées infructueuses. Les schistes ardoisiers et feldspathiques contiennent bien de nombreuses veines de quartz fréquemment associées avec des pyrites, mais elles ne renferment pas d'or. Cependant, dans les analyses qui ont été faites au bureau d'essais de l'École des mines, on a trouvé des traces d'or très-faibles dans un échantillon de pyrite de fer avec une gangue quartzeuse, d'aspect assez analogue au filon pyriteux des étages inférieurs de la mine de la Fern-Hill. (Voir échantillon 77.) J'ignore la provenance exacte de cet échantillon, qui m'a été remis par des prospecteurs; mais j'ai lieu de supposer que ce filon de quartz et de pyrite appartient à la série de filons quartzeux orientés au N.-N.-O. que l'on rencontre sur la rive droite du Diahot, sur le chemin de Manghine à Balade.

La présence de l'or est au contraire assez fréquente

au milieu des micaschistes de la côte N.-E., principalement sur les territoires de Poëbo et d'Oubatche. Mais tout se borne jusqu'à présent à de faibles traces, obtenues en lavant au plat les terrains remaniés au fond des ravins. On n'y connaît pas encore de gisement proprement dit ni de filon aurifère. De ce côté, nous devons nous borner à signaler les recherches faites sur le territoire d'Oubatche, près de l'établissement de M. Henry dans la petite vallée de Pomieu. On trouve des *couleurs d'or* assez abondantes dans le lit de la rivière de Pomieu et dans celui de tous ses affluents qui descendent de la chaîne de micaschistes vers la mer.

On n'a pas encore réussi à remonter à la source de cet or, de manière à mettre à nu les filons quartzeux dont il provient. Les travaux de recherches entrepris de ce côté ont eu principalement pour objet un filon pyriteux qui affleure à une faible distance de la mer, sur le versant d'un petit contre-fort perpendiculaire à la côte qui sépare la vallée de Pomieu de la vallée de Pué-Tamboad. Un puits de 10 mètres de profondeur, ouvert dans les micaschistes, rencontre ce filon, et le traverse sur environ 3 mètres de hauteur sans en atteindre le mur. Ce puits étant plein d'eau au moment de notre visite, nous n'avons pu observer le filon en place; d'après les renseignements qui nous ont été donnés, il est orienté aux environs de la direction E.-O. et il plonge vers le N. Son remplissage est formé d'un mélange intime de pyrites magnétiques et de quartz, dans une gangue quartzeuse. D'après les essais faits au bureau d'essais de l'École des mines, il contient des traces très-faibles d'or et une petite quantité d'argent, soit 50 grammes par tonne de minerai. On a fait grand bruit en Nouvelle-Calédonie de la découverte de ce filon, qui a été annoncé comme un riche filon argentifère.

Nous venons de dire à quoi se réduit la teneur en argent de ce filon, mais il ne nous en paraît pas moins intéres-

sant au point de vue de la recherche des gisements aurifères, en raison de son analogie avec le filon pyriteux de la mine de la Fern-Hill. On peut s'en convaincre en comparant les échantillons 55 et 67 de la collection.

En descendant le long de la petite rivière de Pomieu, on peut aborder les affleurements de deux autres filons analogues d'environ 1 mètre de puissance, encaissés dans les micaschistes et orientés comme ceux-ci au N.-N.-E. Des échantillons de leur remplissage ont donné à l'essai la même teneur en argent : 50 grammes par tonne de minerai.

§ 3. — Comparaison des faits observés en Nouvelle-Calédonie avec les caractères généraux des gisements aurifères exploités dans les colonies australiennes.

Pour interpréter les faits que nous avons exposés dans le chapitre précédent et pour en apprécier l'importance, nous avons à chercher des éléments de comparaison dans les colonies australiennes. Du premier jour où l'on signala la présence de l'or en Nouvelle-Calédonie, les analogies que présente sa constitution géologique avec celle de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande firent naître l'espoir de découvrir dans notre colonie des gisements aurifères exploitables; et lorsqu'on eut enfin rencontré l'or à Manghine sous la forme d'un riche filon quartzeux, la première pensée fut d'invoquer l'exemple de l'Australie, pour fonder peut-être un peu prématurément les plus grandes espérances sur le prochain développement des mines d'or dans la vallée du Diahot.

Par une réaction toute naturelle, la découverte de Manghine étant restée un fait isolé, et l'exploitation de l'or, loin de se développer, y subissant un temps d'arrêt, on est tenté aujourd'hui d'opposer le rapide et prodigieux essor des districts miniers d'Australie aux modestes débuts de l'exploitation des gisements aurifères en Nouvelle-Calédonie. On ne peut cependant contester l'importance des premiers résultats

obtenus à Manghine. Quelque opinion qu'on puisse avoir sur la plus ou moins grande étendue du gisement aurifère de Manghine et sur les chances de succès des divers travaux de recherches entrepris dans ce massif, un fait reste acquis : c'est que l'or, dont on avait déjà à plusieurs reprises constaté la présence en différents points de la chaîne de micaschistes qui longe la côte N.-E. de la Nouvelle-Calédonie, a été trouvé dans la vallée du Diahot en quantité assez notable pour former un riche gisement et dans des conditions qui peuvent se résumer comme il suit : *L'or est concentré sur les affleurements d'un filon de quartz, au milieu de schistes feldspathiques et micacés en partie métamorphisés, et au voisinage de roches amphiboliques et de dykes serpentineux. La zone aurifère, très-limitée dans le sens de la direction du filon, forme une colonne inclinée qui correspond à l'intersection du filon principal par un filon croiseur, et qui s'appauvrit très-rapidement en profondeur en se chargeant de pyrites de fer.* Ces caractères ne sont pas spéciaux au gisement de Manghine, ils sont communs à la plupart des filons aurifères exploités dans les colonies australiennes. Pour justifier cette assertion, et en même temps pour préciser les notions dont la connaissance est indispensable à la bonne direction ultérieure des recherches de mines d'or en Nouvelle-Calédonie, il est utile de donner ici quelques détails sur la nature des gisements aurifères d'Australie et de Nouvelle-Zélande, sur les formations géologiques auxquelles ils sont associés, sur leurs caractères minéralogiques, sur leur allure, et sur les conditions générales de leur exploitation.

Constitution géologique de la région des mines d'or en Australie. — Nous avons vu, dans la première partie de ce rapport, que les terrains cristallins et paléozoïques, qui sont circonscrits en Nouvelle-Calédonie dans la partie septentrionale de l'île, se retrouvent en Nouvelle-Zélande

avec les mêmes caractères, mais sur une bien plus grande étendue. Les mêmes terrains anciens sont très-développés sur la côte E. et sur la côte S. du continent australien. Ils y sont constamment associés aux gisements aurifères.

Les districts miniers d'Australie sont échelonnés le long d'une chaîne de montagnes qui court parallèlement à la côte E. et à la côte S.-E. du continent australien. Cette grande cordillère descend d'abord dans la direction N.-S. depuis le cap York, à travers Queensland et la Nouvelle-Galles du Sud; elle s'infléchit ensuite et elle s'étend de l'est à l'ouest à travers la colonie Victoria jusqu'aux confins de South-Australia. L'intérieur de la courbe formée par ce cordon de montagnes est occupé par un vaste bassin qui s'abaisse lentement vers le sud-ouest; c'est la région des grandes plaines de l'intérieur, arrosées par les affluents du Darling River, du Murrumbidjee et du Murray, dont les eaux se réunissent pour se rendre à la mer près de la frontière de South-Australia. Du côté du littoral, cette grande arête montagneuse se termine au contraire par des pentes abruptes.

Toute cette cordillère est formée par un puissant massif de terrains anciens, au milieu desquels émergent des îlots de granite et de roches trappéennes. La formation silurienne y domine; elle se compose de couches schisteuses plissées, généralement très-inclinées avec plongement alternatif vers l'E. et vers l'O., et constamment dirigées du nord au sud. M. Selwyn, ancien directeur du service géologique de la colonie de Victoria, n'évalue pas son épaisseur totale à moins de 12.000 mètres. Elle se divise en deux étages distincts bien nettement caractérisés par les fossiles qu'on y rencontre.

L'étage supérieur, principalement représenté dans la Nouvelle-Galles du Sud et dans Queensland, se compose généralement d'assises argileuses, de grès tendres, et de

quelques bancs calcaires. Il contient de nombreux fossiles, qui ont été étudiés par M. le professeur Mac Coy, et qui se rapportent aux formations de Wenlock et de Ludlow. L'étage inférieur est caractérisé par de nombreuses espèces de graptolites ; il se distingue par la plus grande irrégularité d'allure des couches dont il se compose, par leur plus grande inclinaison, par leurs plissements plus accentués, et par leur schistosité plus prononcée. Ce sont généralement des grès à grain fin, parfois micacés, ordinairement très-imprégnés de quartz. Les massifs granitiques qui affleurent au milieu de cette formation schisteuse sont généralement disposés sur les deux versants de la chaîne dont les couches siluriennes occupent le sommet. L'allure des couches n'est pas modifiée dans leur voisinage. On ne peut donc pas considérer ces îlots éruptifs comme ayant pénétré au milieu des schistes en les soulevant. Il semble plutôt que le granite préexistant sous toute la formation schisteuse, se soit simplement trouvé mis à nu par places, à la suite des phénomènes d'érosion auxquels toute la chaîne doit son relief. Ce sont des granites à grain fin et à trois éléments ; parfois ils contiennent de la tourmaline et des grenats ; assez fréquemment ils se chargent d'amphibole, et ils passent alors à des syénites. Ils sont ordinairement séparés des couches siluriennes par des schistes métamorphiques ou par des lambeaux de schistes cristallins, tels que des micaschistes, des talcoschistes, ou même des schistes serpentineux. La série des roches éruptives est en outre représentée au milieu des couches siluriennes par des porphyres quartzifères qui sont postérieurs au granite et qui soulèvent les schistes siluriens, puis par des dykes de diorite et de diabase, enfin par des dykes de roches trappéennes et de basalte qui se rattachent aux phénomènes volcaniques de l'époque tertiaire.

La formation silurienne, dont nous venons d'indiquer les principaux caractères, constitue le principal gisement des

filons aurifères exploités en Australie; elle est surtout remarquable par la constance de la direction de ses couches qui sont uniformément orientées du N. au S., de telle sorte que leur stratification, qui est parallèle à la ligne de faîte de la cordillère dans Queensland et dans la Nouvelle-Galles du Sud, se trouve lui être perpendiculaire sur le territoire de Victoria.

La force qui a produit le plissement des schistes siluriens en Australie, et qui a déterminé leur direction, est donc indépendante des phénomènes géologiques auxquels est dû le relief de la chaîne de montagnes à laquelle ils appartiennent. Ce relief est la résultante d'érosions considérables qui ont dû être déterminées par des mouvements successifs du sol et qui paraissent s'être prolongés jusqu'à la fin de la période tertiaire. Les couches siluriennes mises à nu par les érosions forment les arêtes saillantes. Les alluvions tertiaires s'étendent à leurs pieds. Quant aux séries intermédiaires, elles ont été presque entièrement détruites par les érosions; les terrains de transition postérieurs au terrain silurien et les terrains secondaires ne sont plus représentés sur le territoire de Victoria que par des lambeaux isolés, disséminés sur les deux versants de la cordillère. Ces étages sont au contraire plus développés sur le littoral oriental où se trouvent les riches bassins houillers de la Nouvelle-Galles du Sud. Des nappes de basalte sont intercalées au milieu des assises tertiaires; ces roches volcaniques, toutes postérieures au commencement de l'époque tertiaire, émergent en un assez grand nombre de points sur toute l'étendue de la cordillère. Elles peuvent être rapportées à deux périodes d'éruption distinctes; les plus anciennes paraissent être venues au jour par des lignes de fissures, et elles forment généralement des dykes au milieu des terrains anciens; elles marquent à peu près la fin de la période miocène; les plus récentes, qui occupent une grande étendue du ter-

ritoire de Victoria, se sont épanchées par des cratères dont l'activité a persisté jusqu'aux époques les plus voisines de l'époque actuelle; elles forment des nappes étendues, qui alternent avec les couches pliocènes et postpliocènes et enfin avec les alluvions les plus récentes. C'est principalement dans la colonie de Victoria que l'on peut étudier ces relations de position. Il est à remarquer que les couches tertiaires, qui sont très-développées dans Victoria (où on les rencontre jusqu'à une altitude de 1.200 mètres au-dessus du niveau de la mer), ne sont au contraire représentées sur le versant oriental de la cordillère que par quelques lambeaux de dépôts lacustres. Les dépôts marins de l'époque tertiaire font absolument défaut sur le littoral oriental du continent australien, dans la Nouvelle-Galles du Sud et dans Queensland. On a expliqué cette anomalie en admettant que le continent australien est entraîné, depuis une époque antérieure au commencement de la période tertiaire, par un mouvement d'oscillation autour d'un certain axe disposé de telle sorte que la côte méridionale se trouve soulevée en même temps que la côte orientale, tandis que la côte septentrionale s'affaisse. La barrière de corail qui borde la côte N.-E. témoigne de ce mouvement d'affaissement.

Nature des gisements aurifères en Australie. — Résultats généraux de leur exploitation. — L'esquisse de la constitution géologique de la cordillère australienne que nous venons de tracer se réduit, du moins à l'égard des formations sédimentaires, à deux traits principaux, savoir : d'une part la formation silurienne, et d'autre part les alluvions tertiaires et quaternaires qui en dérivent. A ces deux termes extrêmes de la série sédimentaire correspondent les deux types de gisements aurifères exploités en Australie. Ce sont : d'une part les filons à gangue de quartz qui sont presque tous encaissés dans les couches siluriennes, d'autre part les alluvions dérivées de ces filons qui appartiennent

toutes à la fin de l'époque tertiaire ou à l'époque quaternaire.

L'exploitation de l'or en Australie date de 1851. Elle eut d'abord pour objet les gisements d'alluvions, et elle fut restreinte dans le principe aux alluvions les plus récentes, celles qui sont susceptibles d'être exploitées à la surface même du sol par des procédés simples et par l'entreprise individuelle des mineurs. Puis, en se transformant peu à peu, en devenant plus stable, en s'organisant d'une manière plus puissante avec le concours du capital, l'exploitation put s'étendre à des alluvions plus profondes, recouvertes par plusieurs centaines de mètres de couches stratifiées ou par des lits de basalte; elle attaqua enfin les filons quartzeux.

Quelques chiffres suffiront pour donner une idée des résultats généraux obtenus en Australie. Pour les deux colonies de Victoria et de la Nouvelle-Galles du Sud, la quantité d'or extrait depuis 1851 représentait en 1872 une valeur totale de 4 milliards et 635 millions de francs. A la même époque, la production de l'or en Nouvelle-Zélande, où la découverte des gisements aurifères ne date que de 1857, atteignait un chiffre de 608 millions de francs. Pendant l'année 1872, l'exploitation de l'or occupait dans la colonie de Victoria 54.347 ouvriers pour une production d'or qui s'est élevée à 88 millions de francs pendant les neuf premiers mois, et dans la Nouvelle-Galles du Sud 21.000 ouvriers pour une production totale de 37 millions de francs. Ces chiffres correspondent à une production annuelle de 2.162 francs par tête de mineur dans Victoria et de 1.802 francs seulement dans la Nouvelle-Galles du Sud.

Les statistiques de la colonie de Victoria permettent de distinguer, dans le chiffre total de la production annuelle, la part qui revient aux mines d'alluvions ou aux exploitations de filons. Si nous prenons pour exemple les

deux années 1864 et 1871, nous constatons les résultats suivants (*) :

ANNÉE.	VALEUR de l'or produit en francs.			NOMBRE D'OUVRIERS EMPLOYÉS								
				DANS LES MINES d'alluvions.			DANS L'EXPLOITATION de filons.			TOTAL.		
	MINES d'alluvions.	FILONS.	TOTAL.	Européens.	Chinois.	Total.	Européens.	Chinois.	Total.	Européens.	Chinois.	Total.
1864	104.108.000	50.362.000	154.470.000	41.198	20.933	62.131	17.326	»	17.326	58.524	20.933	[illegible]
1871	69.132.000	66.415.000	135.547.000	22.664	14.910	37.574	16.662	111	16.773	39.326	15.021	[illegible]

Ces chiffres montrent que, pendant cette période, la valeur de l'or extrait des alluvions a diminué dans Victoria de plus de 30 p. 100, diminution compensée seulement en partie par le développement de l'exploitation des filons aurifères. Dans la Nouvelle-Galles du Sud, la mise en exploitation des filons a pris rapidement une grande extension, et par ce fait la production annuelle de l'or dans cette colonie, qui s'était abaissée progressivement de 1852 à 1872 de 81 millions de francs à 14 millions, s'est relevée pendant ces dernières années; elle atteignait en 1872 le chiffre de 38 millions.

En même temps que la nature du gisement exploité, les conditions de l'exploitation se sont entièrement transformées pendant cette période. Une pelle, une pioche, un crible grossier étaient au début des instruments suffisants pour exploiter les riches alluvions de surface. L'exploitation des alluvions profondes et des filons nécessite au contraire des installations et un outillage considérables. En 1872, on comptait dans la seule colonie de Victoria, pour l'exploitation des mines d'alluvions, 380 machines à vapeur correspondant à 9.796 chevaux de force, et pour

(*) Voir *Mining* et *Mineral Statistics*, Brough Smith, Melbourne, 1872.

l'exploitation des filons 779 machines à vapeur donnant une force totale de 14.855 chevaux. Malgré l'emploi de ces procédés d'exploitation plus puissants, le chiffre de la production annuelle par tête de mineur, qui s'élevait à 6.562 francs en 1852, n'était plus en 1872, comme nous l'avons vu, que de 2.162 francs dans Victoria et de 1.802 francs dans la Nouvelle-Galles du Sud. Il est utile d'envisager ces chiffres; ils montrent ce que sont en réalité les résultats généraux de l'exploitation des gisements aurifères, même dans les pays où cette exploitation paraît la plus prospère et la plus productive. Les mines d'or sont assurément pour un pays naissant un puissant instrument de développement; elles ont donné, surtout au début, des bénéfices considérables à quelques favorisés du hasard. Mais si l'on considère dans leur ensemble les résultats obtenus, si on les compare à la masse de capitaux et au nombre d'ouvriers engagés dans cette industrie, on reconnaît qu'en moyenne les résultats sont bien peu satisfaisants.

La recherche et l'exploitation des mines d'or doivent toujours être regardées par ceux qui s'y engagent comme des entreprises très-aléatoires, où les gains sont parfois énormes, mais où les chances de gain sont toujours faibles. C'est à ce point de vue qu'il faut se placer pour juger les premiers résultats obtenus en Nouvelle-Calédonie, sans en exagérer, mais aussi sans en méconnaître l'importance.

CARACTÈRES DES FILONS AURIFÈRES EN AUSTRALIE. — GISEMENT DES FILONS AURIFÈRES.

Les filons aurifères, qui sont, comme nous l'avons vu, la seule forme sous laquelle on ait rencontré l'or en Nouvelle-Calédonie, sont aussi, directement ou indirectement, la source originelle de tout l'or produit en Australie. Nous allons les considérer successivement sous le rapport de leur gisement, de leur allure, de leur composition et de leurs variations de richesse.

Les filons aurifères exploités en Australie sont des filons à gangue de quartz, généralement encaissés dans la formation silurienne. Sur toute l'étendue de la cordillère australienne, les schistes siluriens sont sillonnés par une infinité de veines de quartz d'épaisseur très-variable, qui courent presque uniformément du N. au S. parallèlement aux schistes. La plupart de ces veines de quartz renferment au moins des traces d'or. Les filons riches ont été quelquefois rencontrés dans les schistes métamorphiques ou cristallius qui forment la base du terrain silurien; mais le plus souvent ils sont en contact avec des couches non métamorphisées, parfois même avec des couches terreuses tendres et presque arénacées; on a remarqué qu'en général les filons qui traversent le terrain silurien inférieur sont épais et réguliers, tandis que dans les couches siluriennes supérieures on rencontre des veines plus minces, plus irrégulières, et en même temps plus riches.

L'association de filons aurifères et de la formation silurienne, déjà constatée en Europe dans la région de l'Oural, est tellement générale en Australie, qu'on y a regardé longtemps cette association comme nécessaire. On sait aujourd'hui qu'il n'en est rien. On connaît en Australie même des filons riches au milieu de terrains postérieurs au terrain silurien. Sur le territoire de Queensland notamment, on peut citer les filons aurifères de Peakdowns qui sont exploités au milieu de couches carbonifères caractérisés par des *Glossopteris*. Nous citerons encore, toujours dans la colonie de Queensland, les riches filons de Gimpsie. Ceux-ci sont en relation avec un dyke de diorite, et ils sont encaissés dans des schistes ardoisiers métamorphiques et dans des schistes bréchoïdes formés de débris dioritiques qui contiennent une abondance de fossiles carbonifères ou dévoniens. Dans la même colonie, à Fitzroy-Downs, on a rencontré les filons quartzeux aurifères au milieu de calcaires fossilifères qui sont considérés comme appartenant aux étages supé-

rieurs du terrain jurassique. Dans la Nouvelle-Galles du Sud même, M. Clarke (*) signale, dans la Nepean-River, de l'or d'alluvion dérivé de grès métamorphisés au contact du basalte, qui appartiennent aux séries désignées sous le nom de Hawkesbury-Rocks, c'est-à-dire aux étages supérieurs du terrain carbonifère. Ainsi, s'il est vrai de dire que dans la colonie de Victoria les filons aurifères sont confinés dans la formation silurienne ou tout au plus dans le terrain dévonien, on en a rencontré en Nouvelle-Galles du Sud jusque dans le terrain carbonifère ; en Queensland les terrains dévoniens ou carbonifères, et même les terrains secondaires en sont le gisement habituel. On sait d'ailleurs qu'en Californie l'or se trouve dans des couches caractérisées par des fossiles jurassiques et même crétacés.

Relation des filons aurifères avec les roches éruptives. — C'est donc un fait bien reconnu qu'on rencontre les filons aurifères au milieu de terrains d'âge très-variable. D'un autre côté, quelle que soit la formation géologique qu'ils traversent, ils paraissent être en relation constante avec des roches éruptives; dans un certain nombre de cas, l'or est associé directement à ces roches. On ne saurait trop insister sur ces relations.

Nous avons vu plus haut qu'on distinguait en Australie quatre types principaux de roches éruptives ; ce sont, en commençant par les plus anciennes : des granites de différentes variétés dont les uns sont manifestement antérieurs à la formation silurienne, les autres postérieurs ou contemporains de cette formation ; des porphyres felspathiques et quartzifères qui sont probablement dévoniens ; des roches dioritiques et trappéennes plus récentes, qui pénètrent sous forme de dykes au milieu du granite ; enfin, des basaltes et des roches volcaniques voisines de l'époque actuelle.

(*) Voir *On the Progress of gold discovery in Australia*, from 1860 to 1871, by Rev. Clarke.

Dans une lettre publiée en mai 1860 par le *Bendigo advertiser*, Sir R. Murchison admettait qu'en Australie, comme dans l'Oural, l'or se trouvait constamment dans des talcoschistes, au contact des granites et porphyres éruptifs, et que le métamorphisme de la roche et sa nature cristalline étaient des conditions indispensables de la présence de l'or. Ainsi exprimée sous une forme absolue, cette assertion de l'éminent géologue n'est pas rigoureusement exacte. Comme nous l'avons vu en effet, l'or a été rencontré en Australie au milieu de schistes tendres arénacés qui ne présentent aucune trace de métamorphisme; toutefois, il est vrai de dire que *dans le plus grand nombre des cas, les filons aurifères sont situés dans la zone de contact des schistes et du granite. De plus on a trouvé l'or dans le granite lui-même*. Les filons quartzeux qui sillonnent les terrains siluriens s'arrêtent ordinairement à la surface de contact des schistes et du granite, dans lequel ils ne pénètrent pas. Mais lorsque le granite se trouve injecté sous forme de veines minces au milieu des schistes, il arrive que les filons quartzeux le traversent; on connaît des veines de quartz remarquablement riches, qui sont encaissées dans du granite. En outre, M. Clarke (*) a fait connaître un certain nombre de cas où l'or existe indépendamment du quartz à l'état de poudre très-fine disséminée dans la roche granitique; les gisements de Rowenwood et de Charter-Towers en Queensland en sont des exemples. D'après M. Clarke, beaucoup des alluvions aurifères exploitées dans la Nouvelle-Galles du Sud, notamment dans les districts d'Adelong, d'Araluen et de Bathurst, dérivent du granit. Il résulte de ses observations : 1° *que les granites aurifères sont toujours voisins de la syénite et très-chargés de quartz et d'hornblende;* 2° *que dans ces granites hornblendiques l'or se trouve associé à une*

(*) Voir *Address delivered to the royal Society of New South Wales*, by Rev. Clarke, 1872.

grande abondance de pyrites plus ou moins décomposées ; 3° enfin que les zones minéralisées sont subordonnées à des dykes de diorite et de trap injectés dans le granite.

Ce sont en dernière analyse les diorites et les traps qui, en Australie comme en Californie, paraissent jouer un rôle prépondérant à l'égard des filons aurifères. On rencontre ces roches sous forme de dykes parfois très-étendus, qui pénètrent tant au milieu du granite syénitique qu'au milieu des formations sédimentaires, et principalement au milieu des terrains silurien et dévonien dans Victoria, au milieu du terrain silurien dans la Nouvelle-Galles du Sud, au milieu des terrains dévonien et carbonifère dans Queensland. On peut citer un grand nombre de cas où les filons aurifères sont encaissés dans les schistes plus ou moins métamorphisés au voisinage de ces dykes éruptifs (*).

Enfin (et c'est un point capital à établir au point de vue de l'avenir des exploitations aurifères en Nouvelle-Calédonie), l'or est assez fréquemment associé en Australie avec des roches magnésiennes telles que les serpentines. On peut citer comme exemples remarquables de cette association : les gisements de Conoona et de Mount-Wheeler dans Queensland, ceux de Bengera et de Wentworth dans la Nouvelle-Galles du Sud.

La Nouvelle-Zélande fournit un exemple bien plus frappant encore de l'association de l'or avec des roches érup-

(*) On peut citer notamment : dans Queensland, le système de filons aurifères de Gympsie et ses relations avec une bande dioritique qui traverse Queensland sur une grande étendue, relations qui ont été mises en évidence par les travaux de M. Harkett. (Voir *On the Progress of gold discovery in Australia*, Clarke, 1871.)

Dans Victoria, les filons de Woodspoint et de Rapsberry. (Voir Brough Smith, *The Goldfields and Mineral Districts of Victoria.*)

Dans la Nouvelle-Galles du Sud nous avons observé nous-même, en visitant le Western District, une longue bande de diorite qui s'étend du N. au S. de Bathurst à Gulgong et à laquelle sont subordonnés tous les filons aurifères de cette région.

tives d'origine relativement récente. Les districts aurifères de Thames-River et de Coromandel, situés sur la côte N.-E. de l'île septentrionale de la Nouvelle-Zélande dans la province d'Auckland, ont produit depuis l'origine de l'exploitation jusqu'au 31 décembre 1871 17.811 kilogrammes d'or représentant une valeur de 55 millions de francs. Or toute cette région est formée d'un massif trachytique d'origine tertiaire ou tout au plus secondaire; d'après les plus récents travaux du *Geological Survey* de Nouvelle-Zélande, cette formation éruptive serait même postérieure à la période miocène. Elle se compose d'un noyau de trachyte porphyrique entouré de tuf trachytique, lequel est en contact avec des schistes anciens métamorphisés; des dykes de roches dioritiques et basaltiques plus récentes traversent cette masse trachytique. L'or s'y trouve à l'état de filon quartzeux, soit dans les schistes anciens métamorphisés au voisinage du trachyte, soit le plus souvent au milieu même de la roche éruptive. C'est principalement dans le tuf trachytique qu'on rencontre les filons riches; ils y forment soit des veines irrégulières qui sillonnent la roche en tous sens et qui paraissent être contemporaines de sa formation, soit des filons assez réguliers et continus qui sont généralement en rapport avec les dykes de diorite. Ces trachytes du district de Thames et les roches dioritiques qui les traversent présentent les analogies les plus remarquables avec les roches du district de Schemnitz en Hongrie, qui sont aussi en relation avec des filons aurifères.

Richesse, nature et allure des filons aurifères. — Les filons aurifères dont nous venons d'indiquer les divers gisements sont, comme nous l'avons dit, généralement à gangue de quartz. Leur nombre est infini; une statistique de 1868 ne relève pas moins, dans la seule colonie de Victoria, de 2.651 filons réputés contenir de l'or en quantité exploita-

ble. Leur épaisseur varie de quelques centimètres à 30 et jusqu'à 50 mètres.

Quant à leur richesse, elle est très-variable. La richesse moyenne des filons exploités diminue naturellement avec le perfectionnement des méthodes d'exploitation et des procédés de traitement du minerai. En 1859, pour 39.034 tonnes de quartz aurifère extraites dans la colonie de Victoria, la teneur moyenne en or était de 37gr,86 d'or par tonne. En 1871, pour 924.704 tonnes de quartz aurifère, la teneur moyenne était seulement de 16gr,29 d'or à la tonne. Dans la période de 1864 à 1871 on a extrait, dans la colonie de Victoria, 8.528.323 tonnes de quartz, qui ont produit 149.381 kilogrammes d'or, soit une teneur moyenne de 18gr,27 à la tonne.

L'or brut contient une certaine quantité d'argent, dont la proportion, variable avec sa provenance, est généralement de 5 à 10 p. 100, et s'élève parfois, notamment en Nouvelle-Zélande, jusqu'à 25 et même 33 p. 100.

En raison du morcellement extrême des concessions, de l'incohérence des travaux de recherches et du défaut de méthode dans les travaux d'exploitation, il est impossible de définir avec précision l'allure de ces filons, même des principaux, ni de se rendre un compte exact de leurs variations de richesse. D'une manière générale, on peut dire que ces filons, ordinairement intercalés dans les couches siluriennes, y forment des faisceaux dont les affleurements s'étendent parfois sur de grandes longueurs. Ces zones aurifères sont disposées en longues bandes étroites, perpendiculaires à la cordillère dans Victoria, parallèles au contraire à la ligne de faîte et échelonnées sur le 149e méridien dans la Nouvelle-Galles du Sud. Comme nous venons de le dire, les filons sont généralement dirigés comme les schistes siluriens au voisinage du N.-S. Cette permanence d'orientation est au premier abord si frappante, que la direction N.-S. a été longtemps considérée

comme étant la direction constante, invariable et nécessaire des filons aurifères. Un examen plus approfondi montre qu'en réalité ces filons sont subordonnés à deux directions principales : l'une voisine du N. 10° à 15° E., l'autre comprise entre le N.-N.-O. et le N.-O. Dans son ouvrage *The Goldfields and mineral Districts of Victoria* (*), M. Brough Smith relève les orientations de 2.651 filons exploités dans la colonie de Victoria. Ils sont tous groupés autour des deux directions moyennes que nous venons d'indiquer; l'orientation N. 10° à 15° E. domine dans les districts de l'ouest tels que Ballarat; la seconde direction est au contraire prépondérante dans les districts de l'est, Sandhurst, Castlemaine, Maryborough et Gippsland. Aucune statistique de ce genre n'a été dressée pour la Nouvelle-Galles du Sud; les orientations comprises entre le N. et le N. 10° E. paraissent y dominer; cependant dans les districts aurifères que nous avons visités dans cette colonie nous avons constamment rencontré, en même temps que cette direction principale, la direction N.-O. = S.-E. généralement représentée par des croiseurs. Dans le district de Thames en Nouvelle-Zélande, on observe encore ces deux mêmes directions. Les filons quartzeux qui traversent le massif trachytique sont généralement orientés au voisinage du N.-N.-E. Ils sont rejetés d'une manière bien nette par des dykes de roches dioritiques très-imprégnées de matières ferrugineuses, qui sont dirigés du N.-O. au S.-E. Nous avons vu que par une coïncidence bien remarquable ces deux mêmes directions se trouvent précisément en jeu en Nouvelle-Calédonie dans les districts miniers de la vallée du Diahot.

Certains filons quartzeux réputés aurifères affleurent

(*) *The Goldfields and Mineral Districts of Victoria*, by Brough Smith, Secretary for Mines for the Colony of Victoria, Melbourne, 1869.

parfois sur de très-grandes étendues; mais les zones riches y sont très-restreintes, comme l'est en Nouvelle-Calédonie la zone riche du filon de Manghine, et elles sont séparées par de grands espaces stériles. Faute de connaître la loi de ces variations, l'exploitation des filons aurifères en Australie n'est aujourd'hui qu'une entreprise très-incertaine. En fait, un filon quartzeux ayant été reconnu contenir de l'or en un de ses points, on s'est toujours borné à suivre sa ligne d'affleurement, en ne considérant que cette direction unique. Or, dans la plupart des cas, un examen plus approfondi permet de reconnaître que les zones riches sont subordonnées au croisement de ce filon par des veines de direction différente, qui sont souvent minces et irrégulières, et dont les éléments géométriques sont difficiles à définir, mais qui constituent en réalité le véritable filon aurifère.

M. Rivot, dans son mémoire posthume sur le mode de traitement des minerais d'or et d'argent (*), a résumé comme il suit son opinion au sujet des gisements aurifères de Californie : « Les grands filons quartzeux ne sont que des « croiseurs qui se sont rouverts au moment du remplis- « sage de filons ou de veines ayant des directions diffé- « rentes et une puissance beaucoup moins grande, puis- « qu'elles ont échappé jusqu'à présent à l'attention des « exploitants. »

L'étude des filons aurifères d'Australie nous conduit à une conclusion analogue. Supposons au milieu de la formation silurienne d'Australie une série de veines aurifères plus ou moins obliques à la stratification des schistes. Elles traversent des alternances de schistes tendres, feuilletés et métamorphiques. Elles rencontrent, intercalés dans la stratification de ces schistes, des filons de quartz, des bancs de quartzite et des dykes de diorite. Dans ces

(*) *Nouveau procédé de traitement des minerais d'or et d'argent*, par Rivot, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des mines (*Annales des mines*, 6e série, tome XVIII, 1870).

conditions, d'après les lois, récemment mises en lumière par M. Moissenet (*), qui président à la formation des veines métallifères dans un milieu non homogène composé d'une série de couches de résistance variable, le gisement doit consister en une série de zones riches correspondant aux couches de dureté convenable. Ces zones doivent former, soit des colonnes inclinées suivant une ligne voisine de la ligne de plus grande pente de la couche qui les encaisse, soit des colonnes horizontales, soit enfin dans les cas intermédaires des colonnes plus ou moins inclinées dans le plan de la couche, et ceci suivant que le filon est perpendiculaire, parallèle, ou plus ou moins oblique à la stratification des bancs qu'il traverse. C'est en effet ce qu'on peut observer en Australie. Dans la formation silurienne supérieure, les zones riches sont généralement peu étendues en direction, et elles forment des colonnes très-inclinées qui correspondent à des lignes de fracture obliques à la direction des schistes. Dans la formation silurienne inférieure, au contraire, la direction des filons étant généralement très-voisine de celle des couches qu'ils traversent, mais leur inclinaison étant différente, le gisement est le plus souvent disposé en gradins suivant le diagramme de la *fig.* 1, pl. IX; les parties riches représentées en coupe en a, a', a'' forment des bandes horizontales ou peu inclinées, reliées entre elles par des parties aplaties b, b', b'' suivant les joints des couches. Dans cet ordre d'idées, les grands filons quartzeux que l'on considère en Australie comme filons aurifères, et qui en réalité contiennent seulement quelques parties riches séparées par de larges espaces stériles, auraient dans un grand nombre de cas joué simplement le rôle de roche encaissante de dureté convenable par rapport

(*) Voir le mémoire intitulé : *Parties riches des filons*, publié par M. Moissenet, ingénieur des mines, professeur à l'École des mines, 1874.

au système de lignes de fractures par lesquelles l'or est venu au jour. C'est ce que nous avons pu observer bien nettement aux mines d'Hawkins-Hill, à Hill-End, les plus riches et les plus célèbres de la Nouvelle-Galles du Sud. La *fig.* 2, Pl. IX, représente une coupe théorique de la montagne d'Hawkins-Hill. Un faisceau de filons quartzeux, encaissé dans des schistes talqueux et micacés, occupe une zone A d'environ 30 mètres de largeur, comprise entre deux dykes de diorite B, B'. Le tout est dirigé à peu près exactement du N. au S. Au moment où nous avons visité cette région, au mois de décembre 1872, un grand nombre de puits d'exploitation étaient ouverts sur la ligne d'affleurement de ce faisceau de veines; la plupart d'entre eux ne donnaient que des résultats nuls ou médiocres; seuls deux puits voisins, ceux des concessions Beyers et Oltermans et Khromans, avaient rencontré des veines d'or d'une richesse exceptionnelle : dans l'espace de quelques semaines, ces deux concessions avaient produit 2 millions et demi d'or; l'or s'y trouvait à l'état natif, associé à un très-mince filet de quartz, au milieu de schistes très-talqueux imprégnés de pyrites et tapissés de lamelles de mica verdâtre; dans certaines parties, le remplissage de cette veine mince contenait plus de 10 p. 100 de son poids d'or métallique. Cette veine, représentée en coupe par un trait dans la *fig.* 2, est distincte du faisceau de filon quartzeux A; elle plonge vers le S.-O. et sa direction paraît être voisine du N.-N.-O., de telle sorte que son intersection avec chacun des filons quartzeux du faisceau A forme, dans le plan de ce filon, une colonne qui plonge au sud. La veine aurifère passe de l'une à l'autre de ces zones riches; on peut suivre sa trace continue à travers les schistes dans l'intervalle des filons quartzeux; elle est représentée par un filet d'or natif déposé dans les joints des schistes, au milieu d'une gangue formée d'écailles de talc sans quartz.

Ce point de vue a été jusqu'ici absolument négligé en Australie : on s'est contenté d'explorer les filons quartzeux,

sans rechercher la loi géométrique de leurs variations de richesse, et en se laissant simplement guider par quelques règles purement empiriques, qui sont tirées de l'observation des caractères minéralogiques des filons aurifères, et que nous avons maintenant à faire connaître.

Composition des filons aurifères. Association de l'or avec certains minéraux et notamment avec les pyrites. — Comme nous l'avons dit, l'or est communément associé au quartz; ce peut être un quartz blanc laiteux et compacte, ou souvent aussi un quartz jaune ou brun esquilleux et jaspoïde. Les filons les plus riches sont généralement des filons irréguliers et peu puissants, qui sillonnent les schistes les plus tendres sans les altérer. La structure rubanée est très-fréquente; le filon se compose alors de bandes de quartz séparées par des joints ferrugineux et par des lits de schistes. L'or s'y trouve, soit dans les joints au contact du quartz et sous la forme de concrétions cristallines ou de paillettes brillantes, soit en particules très-fines et non discernables disséminées dans du quartz-agate. Quand le filon est au contraire formé de quartz compacte, sans joints réguliers. on y trouve l'or en grains cristallins au milieu de la roche compacte, ou parfois en agrégations mousseuses ou en lamelles, tapissant de petites géodes et au milieu de cristaux de quartz pyramidé. Très-fréquemment on rencontre l'or, non plus à proprement parler dans le quartz, mais dans le plan de séparation du filon quartzeux et de la roche encaissante; souvent même, il a pénétré à une certaine distance au toit ou au mur du filon dans les joints des schistes; de même aux mines de Thames, en Nouvelle-Zélande, on a trouvé de l'or isolé du quartz au milieu du trachyte. Nous avons vu plus haut, par l'exemple d'Hawkins-Hill, l'importance qu'il faut attacher à ces veines aurifères qui se détachent du filon principal pour se ramifier et se perdre au milieu des schistes; elles représentent, dans la

plupart des cas, la trace du véritable filon aurifère distinct du filon quartzeux.

L'association de l'or avec le quartz, tout en étant générale, n'est cependant pas nécessaire d'une manière absolue. Dans le quartz lui-même, la présence de l'or est ordinairement liée à celle d'autres minéraux, qui sont ses compagnons habituels, et relativement auxquels le quartz ne paraît jouer souvent qu'un rôle secondaire. Ces associations ont une grande importance théorique; et dans la pratique c'est par des indications de ce genre, à défaut de règles plus précises, que doivent se guider les explorateurs.

1° *Association de l'or avec le talc et le mica.* — La présence de matières talqueuses et micacées, principalement de petites écailles de mica verdâtres et translucides, doit toujours être considérée comme un très-bon symptôme de la présence de l'or. Nous avons observé constamment cette association dans les filons que nous avons visités; nous en avons cité plus haut un exemple frappant à Hawkins-Hill, où nous avons vu des veines d'or natif sans quartz au milieu d'une roche micacée.

2° *Association de l'or avec le calcaire.* — L'association de l'or avec le calcaire spathique, sans être très-fréquente, peut cependant être nettement observée dans un certain nombre de cas, principalement au voisinage des roches trappéennes et basaltiques. Nous avons vu à Sydney un très-bel échantillon d'or natif au milieu d'un cristal de calcaire spathique, provenant des mines d'Hawkins-Hill.

3° *Association de l'or avec l'épidote.* — L'association de l'or avec l'épidote, déjà signalée par Sir R. Murchison et par M. de Verneuil, a été fréquemment observée en Australie. M. Clarke signale dans les roches aurifères du district sud de la Nouvelle Galles du Sud, en même temps que l'épidote, un minéral bleu qui lui est inconnu et qu'il serait intéressant de comparer avec le glaucophane de la vallée du Diahot.

4° *Association de l'or avec les métaux, les sulfures métalliques, et les pyrites.* — L'or est souvent associé dans les filons à de petits cristaux de galène et de pyrite cuivreuse, qui tapissent les fissures et les joints du quartz. Dans les alluvions qui dérivent des filons, on l'a trouvé accompagné de plomb et de cuivre natifs, d'oxyde d'étain, et de sulfure d'antimoine. L'association la plus importante à considérer est celle de l'or avec les pyrites de fer, principalement avec les pyrites arsenicales, ou avec les matières ferrugineuses oxydées qui sont le produit de leur décomposition. Ce sont, soit des pyrites de fer cristallisées en cube, soit des pyrites magnétiques, soit des pyrites arsenicales. Ces dernières sont les plus répandues et les plus généralement associées avec l'or. M. Clarke en distingue, dans les gisements aurifères d'Australie, trois espèces: l'une de couleur rouge de cuivre, l'autre un peu plus dorée, la troisième blanc d'argent. Celle-ci est la plus chargée d'arsenic et en contient jusqu'à 75 p. 100. Ces trois espèces contiennent, outre du fer et de l'arsenic, un peu de nickel et de cobalt; dans les deux premières, on trouve de plus un peu de cuivre, de plomb et d'antimoine.

Cette association de l'or avec les pyrites est constante et générale, aussi bien en Australie et en Nouvelle-Zélande qu'en Californie et au Brésil. On peut la constater, non-seulement dans les filons quartzeux, mais encore toutes les fois qu'on rencontre l'or soit au milieu des schistes, soit au milieu des roches éruptives dans le granite ou dans le trachyte, soit même dans les alluvions. L'or apparent dans les filons à l'état métallique ne représente, dans la plupart des cas, qu'une faible proportion de ce qu'ils en contiennent; le reste est intimement mélangé aux pyrites. Il est retenu par elles dans un état de mélange intime ou de combinaison chimique qui n'a pu être exactement déterminé, et dont il est très-difficile de l'isoler, comme nous le verrons dans le prochain chapitre en traitant des pro-

cédés de séparation de l'or dans les usines d'amalgamation.

Il en est de même dans les gisements d'alluvions; les concrétions pyriteuses qu'on y rencontre sont presque toujours aurifères. De plus on trouve fréquemment, à la base des gisements d'alluvions, des conglomérats formés de fragments quartzeux roulés ou anguleux et de débris de schiste empâtés dans un ciment ferrugineux. Ces conglomérats très-durs, qu'on doit exploiter à la poudre et broyer au bocard comme le quartz des filons, sont souvent très-aurifères, et l'or qu'ils contiennent est alors associé au ciment pyriteux et ferrugineux dont ils sont formés.

Il semble d'après ces faits que les pyrites aient été le véhicule ordinaire de l'or. D'ailleurs, la circulation des liquides minéraux qui ont produit les gisements aurifères s'est prolongée jusqu'à une époque géologique récente. On a trouvé en effet en Australie, dans des alluvions qui appartiennent à la fin de l'époque tertiaire, des troncs de bois fossile imprégnés de pyrites qui sont aurifères. D'après un fait cité par M. Brough Smith, on est même autorisé à penser que l'or continue jusque pendant l'époque actuelle à circuler et à se concentrer dans ses gisements; c'est le fait d'un bois de mine qui, après quelques années de séjour dans un quartier abandonné d'une mine de Ballarat, a été retrouvé en partie fossilisé, et imprégné de pyrites au milieu desquelles on pouvait distinguer au microscope de petits grains d'or.

L'or est rarement visible à l'état natif dans les roches très-chargées de pyrites; d'après l'expérience des mineurs, l'excès de pyrites, de même que leur absence, est un fâcheux indice pour la richesse d'un filon; d'autre part, l'or natif se trouve très-fréquemment associé au peroxyde de fer hydraté produit par la décomposition des pyrites; les parties de filon voisines de la surface qui sont altérées par les agents atmosphériques et où les pyrites se sont trouvées décomposées et oxydées, sont généralement les plus riches;

on y trouve fréquemment, dans des géodes qui portent l'empreinte de cristaux cubiques de pyrites, des grains d'or natif qui paraissent être le résultat de leur décomposition. On pourrait en conclure avec vraisemblance que l'or est venu au jour avec les pyrites, combiné chimiquement avec elles, probablement à l'état de sulfo-arséniure, et qu'il s'est ensuite déposé à l'état natif lorsque par l'effet d'une décomposition postérieure cette combinaison a été détruite.

Pour expliquer comment on trouve l'or à l'état natif dans certaines parties des filons, en quantités disproportionnées avec la richesse des pyrites qui l'accompagnent, il faudrait de plus admettre qu'au moment de la décomposition des pyrites l'or s'est trouvé de nouveau dissous, puis précipité, de manière à se concentrer dans les zones riches du filon. Dans l'hypothèse que nous venons d'exposer, les pyrites auraient été le véhicule qui aurait amené l'or au jour. Une expérience très-curieuse, citée par M. Brough Smith (*), tendrait d'autre part à leur faire attribuer un rôle tout à fait différent. Si dans une dissolution de chlorure d'or on place un fragment de quartz contenant de la pyrite, et si l'on précipite l'or par une matière organique, l'or se précipite toujours sur la pyrite de préférence au quartz. Dans ce cas la pyrite n'a joué évidemment qu'un rôle galvanique; il peut en avoir été de même lors de la formation des filons aurifères; on pourrait alors supposer que l'or, amené aujourd'hui par des sources minérales au milieu de roches déjà chargées de pyrites, se serait précipité de préférence sur celles-ci, de manière à se trouver intimement associé avec elles. Nous nous contentons d'indiquer ici ces diverses hypothèses, entre lesquelles l'état actuel des connaissances acquises ne permet pas de se prononcer.

(*) Brough Smith : *The Goldsfields and Mineral Statistics of Victoria*, p. 240.

Variation de richesse des filons avec la profondeur. — Dans une lettre publiée par le *Bendigo Advertiser* au mois de mai 1860, que nous avons déjà eu occasion de citer, Sir R. Murchison admettait en principe que la richesse des filons aurifères était toujours limitée au voisinage immédiat de la surface. On ne peut plus admettre aujourd'hui, au moins sous sa forme absolue, la règle posée par l'illustre géologue. Les exploitations de filons à de grandes profondeurs sont encore rares en Australie. Cependant, d'après un relevé publié en 1872 par M. Brough Smith, dans ses *Mining mineral Statistics*, ces exploitations descendent assez communément jusqu'à 200 mètres; quelques-unes atteignent 250 mètres, et l'on peut citer de nombreux exemples de quartz très-riches, exploités à ce niveau, et tenant jusqu'à 300 et 400 francs d'or à la tonne.

Il est certain toutefois que, dans la plupart des cas, les mines qui sont à un moment donné les plus prospères s'appauvrissent rapidement et sont vite épuisées. Nous avons vu en effet que les zones riches des gisements aurifères forment souvent des colonnes horizontales ou inclinées dans le plan du filon. Il est évident que dans ce cas un puits vertical, après avoir traversé l'épaisseur de la zone riche, rencontre une partie stérile. De plus, les concessions n'ayant qu'une très-faible étendue, chacune d'elles est épuisée dès que l'on a exploité les tronçons de colonnes riches qui se trouvent comprises entre les plans verticaux qui la limitent.

Ce qui serait important à connaître, c'est si la nature et la richesse de ces colonnes riches elles-mêmes varient avec la profondeur. D'une manière générale, il est vrai de dire : 1° que les zones où l'or est apparent à l'état natif se rencontrent le plus fréquemment à la surface, là où la roche encaissante et le remplissage du filon ont pu se trouver plus ou moins altérés sous l'influence des agents atmosphériques;

2° que les veines riches se chargent de pyrites et de sulfures métalliques lorsqu'on s'éloigne des affleurements. Cette transformation est surtout apparente lorsqu'on observe un même filon au-dessus et au-dessous du niveau des eaux dans les vallées voisines; les mineurs australiens attachent une grande importance à la considération de ce *waterline*. Au-dessus de ce niveau, près des affleurements, le filon est généralement géodique et très-chargé de fer peroxydé; l'or s'y trouve à l'état natif, associé aux oxydes de fer, ou en petits grains isolés sur les parois des géodes. A une plus grande profondeur, au contraire, toutes les cavités de la roche sont remplies de pyrites et de sulfures métalliques non altérés; l'or s'y trouve en petits grains rarement apparents, finement disséminé dans la masse du quartz, ou plutôt associé aux pyrites dont il est difficile de l'isoler. On est donc alors dans des conditions moins favorables pour son extraction, et en admettant même que la quantité d'or réellement contenue dansle filon n'ait pas varié (question douteuse et sur laquelle les observations faites jusqu'à ce jour en Australie ne permettent pas de se prononcer), son changement de nature équivaut dans la pratique, au point de vue des résultats de l'exploitation, à un véritable appauvrissement du gîte.

Alluvions aurifères. — Nous venons d'indiquer sommairement les caractères généraux des filons aurifères exploités en Australie; nous ajouterons quelques mots relatifs aux alluvions.

Contrairement à ce qui s'est passé partout ailleurs, c'est du premier coup sous la forme de filon qu'on a rencontré l'or en Nouvelle-Calédonie; c'est-à-dire qu'on s'est trouvé dans des conditions où la recherche et l'exploitation du gisement sont difficiles et où elles sont loin d'avoir pour les chercheurs d'or le même attrait que quand il s'agit des alluvions. Peut-être cependant s'est-on trop hâté de renoncer

à l'espoir de trouver en Nouvelle-Calédonie de l'or d'alluvion en quantité exploitable. Pour en apprécier les chances, il est nécessaire de se rendre un compte exact de ce que sont les gisements de cette nature exploités en Australie.

Nous avons vu que les traits saillants de la cordillère australienne sont ceux de la formation silurienne associée à des massifs éruptifs. Sauf du côté de la côte orientale, où les terrains carbonifères et les terrains secondaires sont assez développés, cette chaîne de terrains anciens émerge au milieu de couches tertiaires et principalement d'alluvions produites par les érosions qui ont modelé son relief.

L'or que contiennent les alluvions est dérivé, soit des filons quartzeux encaissés dans les schistes siluriens, soit des granites et principalement des granites hornblendiques, soit des veines de quartz associées aux diorites et aux serpentines. Le gisement des alluvions aurifères est donc au pied même de la cordillère, au voisinage de ces roches. Les plus anciennes font partie de la série des dépôts tertiaires. D'autres plus récentes se sont formées pendant l'époque quaternaire, et elles continuent à se former pendant l'époque actuelle par l'action continue des érosions, soit directement aux dépens des filons, soit simplement par le remaniement des alluvions plus anciennes.

L'absence de fossiles marins dans les terrains tertiaires de la Nouvelle-Galles du Sud ne permet pas d'y déterminer l'âge exact des alluvions aurifères les plus anciennes; mais cette étude a pu être faite d'une manière complète sur le territoire de Victoria, où les couches tertiaires riches en fossiles marins occupent de grands espaces sur le littoral. On y distingue : 1° des couches miocènes qui se composent d'argiles et de calcaires marins reposant sur une couche de cailloux roulés (*older drifts*), dont l'épaisseur atteint 100 mètres, et qu'on rencontre jusqu'à une altitude de plus de 1.200 mètres sur les flancs de la cordillère; 2° des couches pliocènes qui se composent de sables, d'ar-

giles, de graviers et de quelques bancs de calcaire d'eau douce, et qui contiennent des débris de plantes et d'animaux terrestres sans fossiles marins. Ces deux étages sont séparés par une coulée de basalte ancien amygdaloïde. Des basaltes plus récents se sont épanchés pendant la période pliocène; ils s'intercalent à différents niveaux dans cette formation et ils la recouvrent sur une grande étendue.

On a constaté dans la colonie de Victoria que les alluvions miocènes (older drifts) sont toujours stériles; les alluvions aurifères les plus anciennes appartiennent à la période pliocène. Elles reposent, soit directement sur les schistes siluriens, soit parfois sur les *older drifts* miocènes. Elles sont souvent recouvertes par des coulées de basalte. C'est ainsi que dans certaines parties du district de Ballarat, où l'on exploite aujourd'hui ces alluvions pliocènes à 100 et 150 mètres de profondeur, on doit traverser quatre coulées de basalte superposées, séparées par des lits de sable et de gravier, avant d'atteindre les schistes siluriens sur lesquels repose le dépôt aurifère.

On distingue toujours dans un même district plusieurs niveaux d'alluvions, produits des érosions successives. En général le thalweg actuel des vallées se trouve au-dessous du niveau des alluvions plus anciennes. Quel que soit leur âge, elles ont toutes la même origine, et en étudiant les phénomènes d'érosion actuels on peut se rendre compte des lois qui ont présidé à leur formation. On ne doit pas en effet se représenter, comme on l'a fait souvent à tort, les alluvions aurifères même les plus anciennes comme formant des couches régulières s'étendant au fond d'un bassin sur une grande superficie; elles ont été déposées dans le thalweg des vallées, et elles forment un réseau de bandes étroites et irrégulières qui suivent toutes les dépressions et contournent toutes les aspérités des terrains anciens sur lesquelles elles reposent; de telle sorte qu'en traçant sur

une carte les contours des alluvions des différents âges, on aurait la représentation la plus exacte du relief de la cordillère australienne aux différentes époques de leur formation. Cette étude a été faite avec succès pour plusieurs districts de la colonie de Victoria. En fait, le relief de la formation paléozoïque n'a subi en Australie, depuis le commencement de l'époque tertiaire, que des modifications de détail dues à l'action continue et régulière des érosions et à l'épanchement des coulées de basalte ; mais les grands traits sont restés les mêmes. En tenant compte de ces phénomènes dont les lois sont connues, et en prenant comme point de départ le relief actuel du sol, on arrive assez aisément à se rendre compte des changements survenus depuis le dépôt des alluvions aurifères, tels que l'abaissement du niveau des vallées et leur déplacement. Dans les districts tels que ceux de Castlemaine ou de Bendigo, où les alluvions anciennes sont représentées aujourd'hui par des lambeaux isolés au sommet des plateaux au-dessus du niveau des vallées actuelles, on peut assez facilement par cette méthode tracer sur la carte l'emplacement du thalweg des vallées principales et de leurs affluents lors du dépôt de ces alluvions, et donner ainsi aux travaux de recherches ultérieurs une direction rationnelle. Lorsque, comme cela arrive à Ballarat, les courants d'alluvion et les schistes siluriens sur lesquels ils reposent sont enfouis sous plusieurs centaines de pieds de basalte, un travail de ce genre est plus difficile ; l'exploitation doit alors suivre de proche en proche les courants d'alluvions déjà connus et remonter le cours de leurs affluents ; on peut cependant encore, dans ce cas, tirer d'utiles indications de l'étude de l'orographie générale de la contrée.

Au point de vue de l'exploitation, on distingue les dépôts de surface ou peu profonds (*surfacing and shallow deposits*), des gisements profonds (*deepleads*). Les dépôts qu'on rencontre à de faibles profondeurs sont les seuls qu'on ait pu

attaquer au début, avec les moyens primitifs dont disposaient les premiers mineurs. Ils comprennent : 1° les alluvions de formation actuelle déposées dans le lit même des rivières ou près du thalweg des vallées actuelles ; 2° les alluvions plus anciennes qui, par suite des modifications survenues dans le relief du sol, occupent aujourd'hui le sommet des plateaux au-dessus du niveau des vallées ; 3° les cours inférieurs d'alluvions anciennes qui, en s'éloignant de la source, s'enfoncent à de grandes profondeurs sous des dépôts tertiaires plus récents ou sous des coulées de basalte, et qui deviennent alors des *deepleads*.

Ces *deepleads* enfouis sous le basalte ont été suivis parfois à de longues distances : à Ballarat, où ils donnent lieu aujourd'hui à des exploitations considérables concentrées entre les mains de compagnies puissantes, le « *main stream*, » ou courant principal formé par la réunion d'un grand nombre d'affluents, a été reconnu sur une longueur totale de plus de 30 kilomètres ; sa largeur varie de 3 à 100 et 200 mètres ; elle est d'environ 30 mètres en moyenne. Son épaisseur varie de $0^m,60$ à 2 mètres ; elle s'élève jusqu'à 4 et en certains points jusqu'à 6 mètres.

Quel que soit l'âge de ces terrains d'alluvion, ils se composent de lits d'argile, de sable et de gravier ; la nature et la couleur de ces dépôts varient de l'un à l'autre, et c'est à ce caractère qu'on peut le plus facilement dans un même district classer les différents *leads* et leurs affluents. L'or s'y trouve presque toujours à la base du dépôt, et généralement dans une petite couche de gravier et de cailloux de quartz, au contact immédiat avec la roche de fond (*bedrock*). Cependant, dans certains cas, on trouve plusieurs lits de graviers aurifères à différents niveaux ; chacun d'eux repose sur un lit d'argile qu'il faut bien se garder de confondre avec le véritable *bedrock*, au contact duquel se trouve la couche la plus riche. Souvent enfin l'or pénètre à une certaine profondeur dans le *bedrock* lui-même, dans les joints

des schistes ou au milieu des argiles produites par la décomposition des schistes ou même du granite.

La richesse des alluvions est très-variable. Dans un même courant d'alluvions, les parties riches forment le plus souvent des poches isolées, aux points ou des circonstances particulières, telles qu'un étranglement de la vallée ou une diminution de vitesse des eaux dans un bief au-dessus d'une cascade, se sont trouvées favoriser la formation des dépôts. Lorsque la roche de fond est formée par des schistes, il faut chercher les amas de gravier aurifère au voisinage des bancs durs, ainsi qu'il résulte des deux *fig.* 4 et 5, Pl. VIII, qui sont relatives, l'une au cas d'un courant parallèle, l'autre à celui d'un courant perpendiculaire à la direction des couches. On peut citer des exemples de très-grandes richesses. Au début, certaines alluvions de surface ont donné au lavage jusqu'à 1.200 francs d'or par baquet ; à Ballarat on cite une concession de 13 mètres carrés de superficie qui a produit 150.000 francs d'or. Mais on aurait tort de se faire une idée de la richesse moyenne des alluvions aurifères exploitées en Australie d'après ces chiffres exceptionnels. D'après la statistique de Victoria, cette colonie a produit en un semestre, du 1er août au 30 septembre 1872, 1.258.363 tonnes d'alluvion, dont on a extrait 2.413 kilogrammes d'or, ce qui correspond à une teneur moyenne de 1gr,931 d'or par tonne d'alluvion. La teneur des conglomérats ferrugineux qui, comme nous l'avons dit, se trouvent à la base des alluvions, et dont on ne peut séparer l'or que par broyage et amalgamation comme dans le cas des quartz aurifères, s'élevait à 5gr,284 par tonne. Pendant cette même période, la teneur moyenne des alluvions extraites des principaux *deep leads* de Ballarat variait de 0gr,77 à 2gr,046 et jusqu'à 3gr,228 à la tonne.

En réalité les grosses pépites trouvées dans quelques alluvions ne représentent qu'une proportion insignifiante de la production totale : d'après un relevé publié en 1869 par

M. Brough Smith, le nombre des grosses pépites trouvées depuis le commencement de l'exploitation de l'or dans la colonie de Victoria s'élevait à cette époque à 98, leur poids moyen étant de $11^{gr},439$.

La richesse moyenne des alluvions aurifères exploitées en Australie s'est naturellement abaissée à mesure que le perfectionnement des méthodes d'exploitation a permis d'attaquer des gisements moins riches. Avec les procédés d'exploitation dont on dispose aujourd'hui (*), on peut traiter utilement, dans les districts où l'eau est abondante,

---

(*) Les procédés de lavage des alluvions aurifères successivement employés en Australie sont les suivants :

1° Lavage à la main, sans autre instrument que le plat d'étain et le *craddle*. Ce craddle se compose d'une petite table à secousses disposée dans une boîte en bois de 1 mètre de long sur $0^{m},60$ de large, dont la partie supérieure est recouverte par un tamis à larges trous.

Le travail se fait en débourbant d'abord les terres aurifères dans un baquet, puis en les lavant sur le craddle, que l'on fait mouvoir à la main ; les parties riches isolées par cette première opération sont ensuite lavées au plat d'étain pour séparer l'or. Ce procédé très-imparfait est encore le seul qui soit employé sur les nouveaux placers; il permet aux chercheurs d'or de se déplacer facilement et de se mettre à l'œuvre, sans frais et sans retard, partout où il leur convient de s'arrêter pour tenter la fortune.

2° Traitement par les *puddling-machines* :

On charge les alluvions dans une sorte d'auge annulaire, dans laquelle deux râteaux se meuvent autour d'un pivot central, au moyen d'une machine à vapeur ou d'un manége. L'eau y arrive par un tuyau latéral ; l'or tombe au fond de l'auge et y est retenu par des barreaux de fer ou des lattes en bois; les boues légères sont entraînées avec l'eau par un trop-plein ; les graviers et autres gros débris sont enlevés au moyen d'une fourche et d'un râteau. L'opération est continue. Cet appareil a l'avantage de consommer relativement peu d'eau, mais il exige beaucoup de main-d'œuvre; six hommes peuvent traiter par jour dans un appareil de ce genre 70 tonnes d'alluvions : on peut estimer à $1^{f},10$ par tonne les frais de l'opération dans les usines les mieux conduites. De plus, la séparation de l'or par ce procédé est bien imparfaite. Dans la colonie de Victoria, une commission d'enquête a constaté, en 1858,

des alluvions ne tenant pas plus de 0gr,10 d'or par mètre cube.

L'hypothèse la plus naturelle pour expliquer la présence de l'or contenu dans les alluvions, est évidemment d'admettre que cet or est dérivé des filons et des roches aux dépens desquels ces alluvions se sont formées. On constate en effet que la forme de ces particules d'or est variable, et

---

que les résidus de cette opération ne tiennent pas moins de 2g,110 d'or à la tonne.

3° Lavage au *longtom :*

L'introduction du lavage au longtom a été un progrès marqué sur les méthodes précédentes. Le longtom se compose de deux auges consécutives, rectangulaires et inclinées; l'auge supérieure est la plus inclinée et a environ 4 mètres de long sur 0m,60 de large; l'eau et le minerai se mélangent à la partie supérieure. Le travail se fait au moyen de fourches, avec lesquelles on active le débourbage et l'on enlève le gravier et les gros débris stériles; l'or est entraîné par le courant d'eau à la partie inférieure et passe par un tamis dans la seconde auge (*ripple board*), qui n'est autre chose qu'une table dormante avec de petites rigoles transversales et des couvertures où se dépose l'or.

4° Le travail au *sluice :*

Ce procédé, beaucoup plus parfait que ceux qui précèdent, nécessite des installations assez considérables et surtout une grande quantité d'eau. Il ne peut s'appliquer que dans les districts où l'eau est abondante; il permet alors de traiter fructueusement et sur une grande échelle les alluvions pauvres et les résidus des premiers placers. On a fait dans la colonie de Victoria des travaux considérables pour amener de très-loin et à grands frais sur les champs d'exploitation l'eau nécessaire à la mise en œuvre de ce procédé. La longueur des conduites d'eau ainsi construites s'élevait en 1871 à 3.418 kilomètres, et elles représentaient un capital de 6.700.000 francs.

Le *sluice* se compose simplement d'un canal incliné plus ou moins long, à la tête duquel on charge les alluvions aurifères en même temps qu'on y fait arriver un fort courant d'eau. L'or, en raison de sa densité, se dépose au fond du canal, qui à cet effet est percé de trous, ou est garni de lattes de bois ou de fer, ou présente toute autre disposition propre à retenir les particules d'or. Ce canal peut être soit un *box sluice* formé de deux à six caisses rectangulaires en bois ayant environ 4 mètres de longueur et raccordées bout à bout, soit un *ground sluice* creusé dans le

qu'elle est ordinairement en rapport : 1° avec la nature des filons aurifères dont elles dérivent ; 2° avec les conditions dans lesquelles s'est effectué le transport et avec la plus ou moins grande dureté contre roches avec lesquelles elles se sont trouvées en frottement pendant la formation du dépôt.

D'autre part, on a remarqué que l'or d'alluvion est généralement plus pur et se présente en plus gros grains que celui qu'on extrait des filons, et qu'on ne trouve jamais

---

sol. Le *box sluice* a l'avantage de pouvoir se déplacer facilement et par suite il convient mieux à une exploitation à ciel ouvert ; mais le chargement du minerai y est difficile et nécessite de la main-d'œuvre, et la puissance de production de l'appareil est ainsi limitée. Le *ground sluice* est plus avantageux lorsque l'emplacement dont on dispose se prête à son installation ; toutefois, pour assurer l'écoulement des eaux, il faut en général donner aux tranchées un long développement, et le coût de l'installation d'un appareil de ce genre varie de 25.000 à 100.000 francs. Si l'on dispose de quantités d'eau suffisantes, il permet de traiter en peu de temps, avec très-peu de main-d'œuvre et à peu de frais, des quantités d'alluvions considérables. Ces quantités traitées dépendent de beaucoup de conditions, telles que la nature et la consistance des alluvions, la quantité d'eau dont on dispose ; et l'inclinaison du canal (celle-ci varie de $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{16}$). Il est difficile de donner à cet égard des chiffres précis. On estime que, dans des conditions favorables, trois hommes exploitant à ciel ouvert et à 10 mètres de profondeur une couche d'alluvions formée de terres peu consistantes, peuvent laver par jour dans un *ground sluice* 150 mètres cubes de minerai, avec une consommation d'eau de 2.270 litres par minute. D'après M. Brough Smith, on peut traiter utilement par ce procédé, lorsqu'on a à sa disposition de l'eau à bon marché, des alluvions contenant 4 grains d'or, soit $0^{g},26$, par charretée.

5° Procédé hydraulique :

Le procédé hydraulique, appliqué sur une grande échelle en Californie, qui consiste à attaquer et à délayer par un jet d'eau sous pression les couches d'alluvions, n'a encore reçu en Australie que des applications très-restreintes. Il présente cependant de grands avantages sur le traitement du *sluice*, surtout s'il s'agit d'alluvions peu consistantes, qui peuvent être par ce moyen exploitées à ciel ouvert jusqu'à 20 mètres de profondeur ; mais il ne peut s'appliquer qu'à des alluvions qui affleurent au-dessus du niveau de la vallée, ce qui est un cas rare en Australie.

dans les filons l'or concentré en masses aussi considérables que certaines pépites trouvées dans les alluvions. Ceci peut jusqu'à un certain point s'expliquer par ce fait, que les alluvions ont été formées aux dépens de parties supérieures des filons, parties aujourd'hui disparues, et que dans tous les filons on constate que lorsqu'on s'éloigne des affleurements l'or devient moins pur et en même temps plus fin et plus intimement mélangé avec sa gangue, au point de cesser d'être discernable à l'œil lorsqu'on atteint une certaine profondeur. Mais d'un autre côté on est forcé d'admettre qu'il y a eu dans la formation des alluvions aurifères autre chose qu'un simple phénomène mécanique de transport. Nous avons montré que les parties les plus riches des alluvions étaient à l'état de conglomérat agrégé par un ciment ferrugineux et pyriteux, dans lequel se trouve la majeure partie de l'or. Nous avons de plus cité certains faits, tels que la présence de l'or à l'état métallique au milieu des pyrites qui imprégnent les bois fossiles trouvés dans les alluvions et même sur des bois de mines abandonnées pendant quelques années dans de vieux travaux, faits desquels il résulte que des eaux minérales où l'or se trouve dissous ont circulé dans les alluvions postérieurement à leur dépôt, et qu'elles continuent même à y circuler pendant l'époque actuelle.

On a été jusqu'à admettre que l'or des alluvions y a été formé sur place, et qu'au lieu d'être dérivé de filons antérieurs, il a été précipité sous sa forme actuelle par des sources métallifères contemporaines ou postérieures au dépôt des alluvions. Sans aller aussi loin, nous pensons que l'or déposé dans les alluvions a pu se trouver redissous et précipité de nouveau, sous sa forme actuelle, par les eaux minérales qui y ont circulé. C'est ainsi que nous concevons le mode de formation des pépites, dont il serait difficile d'expliquer le transport à de grandes distances des filons dont elles sont supposées provenir;

elles contiennent toujours à leur centre un petit noyau de quartz ou de pyrite, et nous les considérons comme formées par la précipitation et la concentration de l'or autour de ce noyau central. Les alluvions aurifères d'Australie sont voisines des contrées d'éruption volcanique récente, et les eaux qui y circulent sont ordinairement salines ; nous supposons que l'or s'y trouve dissous à l'état de chlorure ; nous avons déjà cité l'expérience curieuse d'après laquelle l'or, précipité de sa dissolution à l'état de chlorure par une matière organique, se porte de préférence sur les pyrites, auxquelles on le trouve en effet presque toujours associé.

On peut conclure de la stérilité des alluvions miocènes, comparée à la richesse des alluvions pliocènes, que la venue au jour de l'or et la formation des filons aurifères datent de la fin de la période miocène. On peut admettre de plus que dans certains cas l'épanchement des sources métallifères qui ont amené l'or s'est prolongé pendant la fin de l'époque tertiaire et jusqu'à l'époque actuelle, et que certaines alluvions récentes se sont ainsi trouvées enrichies sur place. On connaît les faits constatés par M. Laur, relatifs à la formation contemporaine de dépôts aurifères par les sources thermales siliceuses de Steamboat-Valley, dans l'État de Nevada ; dans la Nouvelle Galles du Sud M. Clarke signale de même, dans le district de Carcoar, des gisements aurifères ayant l'apparence de dépôts de sources thermales de formation récente, et principalement formés de calcédoine et d'opale.

Résumé et conclusions. — Les questions relatives au gisement, à l'allure et au mode de formation des gisements métallifères sont trop incertaines, et ce que l'on en sait est encore trop peu de chose, pour que des développements qui précèdent nous puissions tirer des conclusions précises au sujet de l'avenir des exploitations aurifères en Nouvelle-Calédonie. Nous nous sommes simplement atta-

ché à résumer les notions relatives aux divers genres de gisements aurifères exploités dans les colonies australiennes, notions dont la connaissance est indispensable pour apprécier à leur juste valeur les résultats acquis dans la vallée du Diahot et pour entreprendre dans de bonnes conditions de nouveaux travaux de recherches.

Les résultats obtenus dans la vallée du Diahot permettent d'affirmer la présence de l'or en Nouvelle-Calédonie. Nous avons montré de plus que les circonstances qui à Manghine ont suspendu le développement de l'exploitation, à savoir : 1° la stérilité du filon quartzeux en dehors d'une zone très-limitée en direction ; 2° le changement de nature et l'appauvrissement de cette colonne riche à peu de distance de ses affleurements, manifesté par la disparition de l'or natif et par la plus grande abondance de pyrites, nous avons montré, disons-nous, que ces circonstances sont communes en Australie.

Nous avons montré par des exemples que dans la plupart des cas le filon quartzeux principal est considéré à tort comme le véritable filon aurifère, et qu'il est simplement enrichi, suivant certaines zones horizontales ou inclinées, par des veines minces qui le croisent plus ou moins obliquement. Ces exemples font voir combien on a eu tort à Manghine de ne pas suivre le système de filons croiseurs orientés au N.-N.-O., dont l'intersection avec le filon quartzeux principal paraît déterminer la zone aurifère qui a été exploitée.

Quant aux indications à retenir pour les recherches de filons aurifères en d'autres points de la Nouvelle-Calédonie, elles peuvent se résumer ainsi : la présence et la richesse des filons aurifères est tout à fait indépendante de l'âge géologique des terrains sédimentaires dans lesquels ils sont encaissés. Ils sont au contraire en relation intime avec les roches éruptives et principalement avec des dykes de roches éruptives de formation récente, telles que diorites,

trachytes, serpentines. On doit les chercher principalement dans des couches ayant subi un métamorphisme au voisinage de ces dykes, et dans des couches tendres, imprégnées de matières talqueuses, dans lesquelles les veines aurifères sont ordinairement minces et irrégulières, plutôt que dans des bancs durs et silicifiés. Enfin la présence de certains minéraux : épidote, hornblende, pyrites, talc et mica, peut être considérée comme un bon indice de la présence de l'or.

Quant aux alluvions aurifères, nous avons vu qu'en Australie leur formation est principalement due aux grands phénomènes d'érosion qui s'y sont produits à la fin de l'époque tertiaire; que cependant les dépôts ne couvrent pas des bassins étendus, mais qu'ils se sont formés simplement près des filons aurifères dont ils dérivent, au fond des vallées et dans les dépressions du sol, comme ceux qui continuent à se former à l'époque actuelle. Il ne s'est pas produit en Nouvelle-Calédonie de grandes érosions de ce genre : on n'y connaît pas d'alluvions de formation antérieure à l'époque actuelle; on ne doit pas cependant renoncer à l'espoir d'y rencontrer, soit dans les vallées du Diahot, soit dans les vallées intérieures qui sont généralement parallèles à la longueur de l'île, des alluvions de formation récente, voisines de la surface, déposées dans le lit des rivières ou à peu de distance du thalweg des vallées actuelles, et qui, sans être très-étendues, pourraient cependant donner lieu à des exploitations importantes. C'est dans cette prévision que nous avons indiqué les principaux caractères des alluvions exploitées en Australie, leur mode de formation, et la manière dont l'or y est distribué.

§ 4. — Séparation de l'or par le broyage et amalgamation. Usine de Manghine.

Exposé de la méthode. — Les appareils établis à Manghine pour le traitement du quartz aurifère extrait de la

mine de la Fern-Hill, ont été disposés sur le modèle de ceux qui sont uniformément employés au même usage dans toute l'Australie et en Californie.

La méthode consiste à broyer le quartz aurifère dans des bocards, au milieu d'un courant d'eau, assez finement pour séparer aussi complétement que possible l'or de sa gangue, puis à recueillir les particules d'or au sein du mercure. Dans cette seconde partie de l'opération, nous pensons que le mercure joue un double rôle. C'est d'abord un agent chimique, pouvant retenir l'or à l'état d'amalgame en raison de son affinité. C'est de plus un liquide dont la densité est intermédiaire entre celle de l'or et celle des minéraux qui l'accompagnent. La densité de l'or étant 19,20, celle des pyrites 5, et celle du quartz 2,6, alors que la densité du mercure est de 13,50, il est clair qu'en présence du mercure l'or se séparera en se précipitant au sein du liquide, tandis que les pyrites et le quartz émergeront; la séparation de l'or et de sa gangue et la concentration du métal dans le mercure peuvent se faire ainsi par un procédé purement mécanique. Une partie seulement de l'or est dissous à l'état d'amalgame; le reste, qui se précipite au fond du bain de mercure ou qui demeure en suspension au milieu du liquide, n'est attaqué que partiellement; lorsqu'on filtre le mercure dans une peau de chamois, on recueille sur le filtre la presque totalité de l'or qui s'y trouve, non pas à l'état d'amalgame en proportions définies, mais sous la forme d'une agrégation de particules métalliques plus où moins complétement attaquées par le mercure, et agglutinées par l'amalgame.

Ceci posé, il est bien évident que cette méthode ne peut s'appliquer que dans le cas où l'or est libre et à l'état natif dans sa gangue, ou qu'autant qu'on l'aura rendu libre en détruisant préalablement les combinaisons chimiques dans lesquelles il se trouve engagé; de plus, le procédé s'applique mal aux deux cas suivants : 1° lorsque l'or se trouve

allié à l'argent dans des proportions telles que la densité de cet alliage soit égale ou inférieure à celle du mercure; il suffit pour cela que l'or brut contienne plus de 35 p. 100 de son poids d'argent : c'est le cas des minerais du Colorado en Amérique, et en Nouvelle-Zélande on est près d'atteindre cette limite ; 2° lorsque l'or est disséminé dans sa gangue en particules tellement fines, ou associé mécaniquement à d'autres minéraux tels que les pyrites d'une manière si intime qu'il soit impossible de pousser le broyage assez loin pour que les petits fragments où se trouvent les particules d'or aient un poids spécifique supérieur à celui du mercure. Enfin on sait que la présence des sulfures métalliques, tels que le sulfure d'antimoine et les pyrites et surtout des pyrites arsenicales, agit sur le mercure de deux manières : au point de vue chimique, les affinités du mercure deviennent moins actives; au point de vue mécanique, le mercure s'encrasse et devient moins mobile, et une fois divisé en gouttelettes il se rassemble difficilement. La présence de ces sulfures est donc, de toute manière, une circonstance très-défavorable au succès de l'opération (*).

La méthode que nous allons décrire n'est applicable, dans des conditions satisfaisantes, que si l'on a affaire à des quartz aurifères dans lesquels l'or se trouve à l'état natif avec une faible quantité de pyrite. On n'a pas encore résolu le problème de rendre amalgamable l'or associé ou com-

(*) On a essayé de combattre cette influence en mélangeant au mercure certaines matières. M. Rivot a proposé l'huile et l'amalgame de sodium; on fait usage de ce dernier en Australie, en le mélangeant au mercure dans la proportion de 1 p. 100; en présence de l'eau, cet amalgame est décomposé et dégage de l'hydrogène; le mercure se trouve ainsi mis en liberté. La présence de cet amalgame rend le mercure plus actif, plus mobile, plus facile à rassembler; mais son action, très-vive, est de peu de durée, et son emploi ne s'est pas généralisé. Dans quelques usines d'Australie, on se contente, pour combattre l'influence des pyrites, de mélanger au mercure des cendres ou d'autres matières alcalines.

biné aux pyrites arsenicales. Les belles recherches de M. Rivot sur l'emploi de la vapeur d'eau, si malheureusement interrompues par la mort de leur auteur, n'ont pas reçu d'application industrielle. La seule méthode de traitement qui puisse convenir aux minerais pyriteux est le procédé de fusion avec des minerais plombeux ; mais ceux-ci font défaut en Australie. Dans ces conditions, on renonce à exploiter en Australie les minerais pyriteux proprement dits. Les minerais plus ou moins chargés de pyrites que l'on exploite sont soumis à l'amalgamation directe et traités de la même manière que les minerais quartzeux ; on doit alors recueillir les résidus de cette première opération, et les soumettre à une seconde amalgamation après un grillage, de manière à séparer au moins en partie l'or qui, en raison de son association avec les pyrites, a résisté à l'amalgation directe.

Nous allons décrire brièvement la nature et la disposition des appareils usités en Australie, ainsi que la conduite des opérations. A part quelques modifications de détail qui dépendent de la nature des minerais à traiter, tous les ateliers d'amalgamation y sont installés sur un type uniforme. Ce type a été reproduit à Manghine, mais il l'a été, comme nous le verrons, incomplétement et d'une manière peu judicieuse, de sorte que les résultats du traitement y ont été fort peu satisfaisants.

L'appareil représenté en coupe dans la *fig.* 3, Pl. IX, se compose essentiellement d'un bocard suivi d'une table de lavage inclinée. Celle-ci est composée de deux parties ; dans la première partie, l'or est recueilli de différentes manières au sein du mercure. La partie inférieure est simplement une table dormante recouverte de couvertures de laine ; les dépôts recueillis sur ces couvertures sont de nouveau traités avec du mercure dans des appareils spéciaux. Nous avons à indiquer successivement les dispositions et l'usage de ces différents appareils.

1° *Bocardage.* — Le bocardage du quartz aurifère se fait dans un courant d'eau et, suivant les cas, avec ou sans addition de mercure dans l'auge du bocard. C'est le fait de cette addition de mercure, en quantités variables avec la nature du minerai, qui différencie l'opération du bocardage dans les diverses usines de l'Australie. Le bocard devient dans une certaine mesure un véritable appareil d'amalgamation; le minerai se trouve en contact intime avec le mercure pendant le broyage; une grande partie de l'or qu'il contient, entraînée par les gouttelettes de mercure qui se rassemblent au fond de l'auge, se concentre dans les cavités de la table qui est généralement formée de minerai tassé; il s'y forme des loupes d'amalgame ou des amas cristallins. Dans certaines usines d'Australie, on recueille ainsi dans l'auge du bocard 80 p. 100 de la totalité de l'or extrait du minerai. Une partie du mercure pulvérisé pendant l'opération s'échappe à travers le tamis, avec les produits du bocardage, à l'état métallique ou plutôt à l'état d'amalgame, et doit être recueillie sur les tables de lavage; on répare ces pertes en introduisant dans l'auge du bocard du mercure frais, que l'on verse par cuillerées; cette addition de mercure peut être réglée, comme nous le verrons, en observant la manière dont se fait le dépôt sur les tables. Dans les usines d'Australie que nous avons pu étudier, la quantité de mercure ainsi introduite était environ de 2 kilog. à 2 kilog. et demi par poste de huit heures.

Cette manière d'opérer convient parfaitement lorsqu'on a à traiter des quartz riches, tenant environ 25 à 30 grammes d'or à la tonne et peu chargés de pyrites. Il faut y renoncer si la proportion des pyrites augmente; dans ce cas l'or intimement associé aux pyrites résiste à l'action du mercure; en outre celui-ci se divise, les gouttelettes se rassemblent mal; il en résulte qu'une forte proportion de mercure et d'amalgame passe à travers le tamis, et même est entraînée au delà des tables de

lavage, de sorte que les pertes en or et en mercure augmentent rapidement.

Nous n'insisterons pas ici sur les détails de la construction de ces bocards qui n'offre rien de particulier. Les chiffres suivants indiquent les limites entre lesquelles leurs éléments varient dans les principaux ateliers d'Australie.

Poids des pilons, y compris la tige. .	150 kil. à 400 kil. par flèche.
Hauteur de chute du pilon.	0m,12 à 0m,45 (suivant la dureté du minerai).
Nombre de coups par minute.	40 à 80 (ordinairement environ 70).
Force en chevaux.	3/4 cheval à 2 chevaux par flèche.
Quantité d'eau consommée par flèche et par heure.	350 à 2000 litres.
Production de quartz broyé par 24 heures.. . . .	de 1 à 4 tonnes.

Quant au degré de finesse auquel est poussé le broyage, il dépend nécessairement de la nature du minerai et de la manière dont l'or est disséminé dans sa gangue. Le tamis disposé sur l'une des faces de l'auge, par lequel s'échappent les produits du bocardage, peut avoir de 7 à 40 trous par centimètre carré.

Les bocards sont disposés par batteries de 4 ou 5 flèches, sur toute la longueur de l'atelier ; certains grands ateliers d'Australie ont jusqu'à 80 flèches ; celui de Manghine en possède 15.

2° *Tables sur lesquelles sont traités les produits du bocardage.* —La *fig.* 3, Pl. IX, indique la disposition la plus ordinaire des tables sur lesquelles sont traités les produits du bocardage ; c'est à peu près la disposition adoptée à Manghine. Les eaux chargées de quartz broyé, qui sortent du bocard en traversant le tamis D, coulent dans une auge E, dont le fond est percé de trous de manière à les répartir sur les tables ; celles-ci sont des tables dormantes, peu inclinées, présentant une série de dispositions destinées à

recueillir l'or au sein du mercure, et dont les différents types sont représentés en FGK.

Les « *ripple-boards* » représentés en G, sont des tables dormantes peu inclinées, coupées transversalement sur toute leur largeur par des rigoles pleines de mercure. La mince nappe d'eau qui coule sur ces tables en entraînant les produits du bocardage, se trouve en contact avec ces bains de mercure; l'or retenu au passage se précipite au fond de la rigole, tandis que le quartz et les pyrites glissent à la surface du mercure. On rend le contact plus intime en adoptant la disposition des « *mercury-boxes* » représentées en F, en H, en P et en M. Ce sont encore des godets pleins de mercure qui coupent transversalement la nappe liquide; de plus on dispose, au-dessus de ces godets et suivant leur axe, des petites cloisons verticales qui viennent raser la surface du bain de mercure, en y pénétrant suffisamment pour former une sorte de barrage que la nappe d'eau ne peut franchir qu'en déplaçant le mercure et en produisant un remous. Tous les deux ou trois jours on recueille le mercure, et l'on sépare l'amalgame ou l'or partiellement amalgamé qui s'y trouve en suspension; on trouve au fond de ces rigoles d'assez grosses loupes et souvent de véritables pépites d'or partiellement amalgamé.

A la suite de ces « *ripple-boxes* », on dispose généralement des « *copper plates* ». Nous avons représenté en K deux de ces appareils séparés par une rigole de mercure. Ce sont simplement des feuilles de cuivre décapées avec soin, puis plongées dans un bain de mercure de manière à recouvrir leur surface d'une mince couche d'amalgame. Cette couche d'amalgame retient, probablement par une simple action mécanique et par adhérence, les particules légères d'or déjà partiellement amalgamées dans les bocards, qui en raison de leur légèreté n'ont pas été retenues dans les « *mercury-boxes* ». C'est en observant la manière dont se fait le dépôt sur ces « *copper plates* »

qu'on règle l'addition de mercure dans l'auge des bocards. On doit y maintenir le mercure en quantité suffisante, pour qu'en passant sur les « *copper plates* », les petites particules d'or soient recouvertes d'une petite pellicule d'amalgame qui les fasse y adhérer facilement. Les plaques de cuivre s'encrassent vite et cessent alors d'être efficaces, surtout si le minerai contient une quantité notable de sulfures métalliques et principalement de pyrites arsenicales. Il faut, dans tous les cas, les nettoyer complétement et avec soin toutes les deux ou trois heures, après en avoir enlevé toute la couche d'amalgame. Leur emploi cesse donc d'être efficace dans le cas des minerais pyriteux, et il exige toujours beaucoup de main-d'œuvre. Malgré ces frais de main-d'œuvre, il convient de les employer dans tous les cas où le minerai, renfermant d'ailleurs peu de pyrites, contient l'or à l'état de particules finement disséminées dans sa masse.

A la suite de ces différents appareils, la nappe liquide passe sur des tables dormantes recouvertes de couvertures, qui sont destinées à arrêter encore des particules d'or et d'amalgame en même temps qu'une partie des pyrites. Le reste est entraîné avec les résidus de l'opération qui, s'ils doivent être retraités, sont conduits dans un labyrinthe où se déposent leurs parties lourdes.

Les couvertures doivent être changées toutes les deux heures; elles sont lavées dans un baquet, et leur produit est mélangé avec les dépôts recueillis sur les tables.

La conduite de l'opération que nous venons de décrire exige 5 hommes par batterie de 10 flèches et par poste de 8 heures, savoir : 2 hommes pour le service des bocards, 2 hommes pour la manutention des couvertures, 1 contremaître chargé de la manutention des « *copper plates* ».

Il nous reste à indiquer de quelle manière sont traités les dépôts recueillis sur les couvertures et sur les tables.

3° *Traitement des dépôts recueillis sur les tables et dans*

les couvertures. — Comme nous l'avons dit, ces dépôts se composent principalement de pyrites, avec des particules de mercure et d'amalgame. Ces matières sont traitées ordinairement dans des tonneaux qui tournent autour d'un axe horizontal, et dans l'intérieur desquels roulent des billes en fer. On y charge, en même temps que des boues délayées, une certaine quantité de mercure : environ 60 kilos de mercure pour 300 kilos de boues à traiter. L'opération dure généralement 12 heures ; elle a pour but, d'abord d'amalgamer autant que possible une partie de l'or qui est retenue dans les pyrites, mais surtout de séparer des boues les parcelles de mercure et d'amalgame, et de les dissoudre dans le mercure liquide. Au sortir de ces tonneaux d'amalgamation, les boues sont lavées dans de petites auges agitées mécaniquement comme des tables à secousses ; les eaux de lavage passent en dernier lieu sur de petites rigoles de mercure, où l'on cherche à retenir les dernières parcelles de mercure et d'amalgame. Le traitement de ces dépôts donne environ 10 p. 100 de la totalité de l'or produit par le traitement.

4° *Filtration et distillation de l'amalgame.* — L'amalgame dissous ou en suspension dans le mercure en est séparé par filtration ; l'opération se fait dans des sacs en toile, à travers lesquels le mercure se filtre par son propre poids ; l'amalgame est distillé dans des cornues en fonte, et l'or est fondu au creuset et coulé en lingots. Ces opérations n'offrent rien de particulier.

Résultats généraux du traitement et modifications dont il est susceptible. — A l'usine de Manghine, comme d'ailleurs dans la plupart des usines d'Australie, on s'en tient à la série d'opérations que nous venons de décrire. Les boues ou « *tailings,* » qui sont entraînées au delà des couvertures, ne sont pas retraitées. Nous avons pris à Manghine deux échantillons, l'un des dépôts recueillis sur les cou-

vertures, l'autre des « *tailings*, » entraînés par les eaux de lavage et qui échappent au traitement. Ces deux échantillons ont été analysés au bureau d'essais de l'École des mines. Le premier contenait 50 grammes d'or à la tonne, le second en contenait encore 20 grammes. Ces « *tailings* », recueillis au moment où l'on traitait des minerais relativement pauvres, se trouvent donc être plus riches que la plupart des minerais exploités aujourd'hui en Australie.

Ces mauvais résultats doivent sans doute être attribués dans une certaine mesure au peu de soin apporté dans la conduite des opérations, mais ils tiennent aussi à ce que la méthode de traitement adoptée convient mal à la nature des minerais qui, comme nous l'avons vu, contiennent beaucoup de pyrites.

Dans les usines d'Australie les mieux conduites, lorsqu'on a affaire à des minerais qui contiennent une quantité notable de pyrites, on modifie le traitement de la manière suivante :

1° *Suppression de l'introduction du mercure dans l'auge des bocards.* — En présence des pyrites cette introduction est, comme nous l'avons vu, peu efficace et fait perdre beaucoup de mercure.

2° *Suppression des copper plates*, qui s'encrassent et fonctionnent mal dans les mêmes circonstances, qui exigent beaucoup de main-d'œuvre, et qui de plus n'ont de raison d'être qu'autant que les petites parcelles d'or qu'elles doivent retenir ont été déjà partiellement amalgamés dans le bocard.

3° *Traitement, par amalgamation après grillage, des tailings*, qui se trouvent être d'autant plus riches que la première partie du traitement a été simplifiée.

C'est ainsi qu'il faudrait opérer à Manghine, si l'exploitation devait y être reprise. Nous allons indiquer brièvement comment se fait le traitement des « *tailings* » dans la colonie de Victoria, à l'usine de *Clunes*, où nous avons vu cette méthode appliquée dans les meilleures conditions.

Traitement des tailings pyriteux à Clunes. — Les *tailings* de l'usine de Clunes se composent de quartz avec des pyrites de fer et des pyrites arsenicales. L'or s'y trouve associé aux pyrites, en partie mécaniquement, en partie aussi sans doute à l'état de combinaison chimique. Les pyrites sont recueillies dans des labyrinthes, puis concentrées par un lavage sur des tables tournantes; elles sont ensuite grillées, de manière à détruire, au moins partiellement, les combinaisons chimiques dans lesquelles l'or peut se trouver engagé; le produit du grillage est enfin amalgamé par trituration avec le mercure.

Les tables sur lesquelles on lave le mélange de quartz et de pyrite qui s'est déposé dans les labyrinthes, sont des tables annulaires d'environ 6 mètres de diamètre et inclinées de la circonférence au centre avec une pente d'environ $\frac{1}{11}$. Les tables sont fixes; les boues, entraînées par un courant d'eau, sont amenées vers le centre de la table, puis réparties sur sa circonférence par une série de tuyaux qui tournent autour d'un pivot central; des râteaux, entraînés par le même mouvement de rotation et inclinés d'environ $0^m,70$ sur le rayon de la table, forment des remous et facilitent le lavage; la décharge des eaux se fait au centre. On arrête l'opération et l'on recueille les pyrites une fois par semaine. Les dépôts recueillis à la partie inférieure de la table sont retraités; chaque table produit, par six jours de travail, une tonne et demie ou deux tonnes de pyrites.

Le grillage des pyrites se fait dans un four à réverbère à sole inclinée, d'environ 14 mètres de longueur sur 2 de large; les vapeurs d'arsenic sont recueillies dans une série de couloirs et de chambres; l'opération est continue; les pyrites forment sur la sole une couche d'environ $0^m,04$ d'épaisseur, et elles séjournent environ une heure et demie dans le four. On traite environ trois tonnes de pyrites par jour et par vingt-quatre heures. L'amalgamation des pyrites

grillées se fait au moulin chilien. On sait que cet appareil se compose d'une cuve annulaire, animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe vertical, et dans laquelle roulent deux meules verticales. On charge dans cet appareil environ 150 kilogrammes de pyrites grillées avec 50 kilogrammes de mercure, additionné généralement d'amalgame de sodium destiné à faciliter la réunion des gouttelettes de mercure à la fin de l'opération; les pyrites sont ainsi triturées en présence du mercure, d'abord à sec, puis en présence d'une petite quantité d'eau; on ajoute beaucoup d'eau pendant la dernière demi-heure pour rassembler le mercure. On fait huit opérations par vingt-quatre heures; quatre chevaux de force et trois hommes par vingt-quatre heures suffisent à la conduite de l'opération.

Au sortir du moulin chilien, la séparation du mercure d'avec les boues a lieu dans des débourbeurs, qui sont formés de cylindres verticaux dans lesquels tournent des agitateurs disposés en spirale. Au sortir de ces débourbeurs, les boues sont encore lavées sur des auges à secousses et sur des « *ripple-boxes.* »

Résultats du traitement. — Les pyrites concentrées sur les tables représentent environ 1 p. 100 du poids des « *tailings* ».

371 tonnes de pyrites traitées à l'usine de Clunes en 1871 ont produit $64^{k},097$ d'or, ce qui représente une moyenne de 171 grammes d'or par tonne.

Les frais de l'opération, y compris la perte en mercure, sont évalués à 45 francs par tonne.

En comptant la valeur de l'or brut à $3^{f},10$ par gramme, ce qui est le cas de l'or de Manghine, on pourrait donc traiter utilement de cette manière des pyrites contenant, après concentration par le lavage, plus de 15 grammes d'or à la tonne.

Le directeur de l'usine de Clunes évalue qu'on obtient

par le mode de traitement des pyrites que nous venons de décrire 85 p. 100 de la quantité d'or trouvée à l'essai par voie sèche. C'est donc encore un procédé extrêmement imparfait, mais qui, à défaut d'autre, peut comme nous venons de le voir être appliqué avec fruit.

Prix de revient. — Il nous reste à indiquer le prix de revient de l'ensemble du traitement que nous venons de décrire. Ce prix est très-variable et il dépend essentiellement, non-seulement de la bonne disposition des appareils et de la manière dont sont conduites les opérations, mais aussi de la nature du minerai, du plus ou moins grand degré de finesse auquel doit être poussé le broyage, et enfin de la plus ou moins grande quantité de pyrites dont la présence complique le traitement, rend la séparation de l'or incomplète, et augmente les pertes de mercure ; cette proportion de pyrites varie de 99 grammes à 200 grammes par tonne de minerai.

Il est donc difficile de fixer un chiffre et de dire d'une manière générale quelle doit être la teneur minimum d'un quartz aurifère pour payer les frais de l'opération ; nous nous contenterons d'indiquer les chiffres relatifs à quelques usines d'Australie qui peuvent servir de types.

A l'usine de Clunes, que nous avons déjà citée et où l'amalgamation directe se fait sans addition de mercure dans l'auge des bocards et sans *copper plates*, mais où l'on traite les *tailings* par l'amalgamation des pyrites après grillage, on a traité en 1871 : 66.299 tonnes de quartz, d'où il a été extrait 486.889 grammes d'or, ce qui correspond à une teneur moyenne de $7^{g},64$ d'or à la tonne. Avec cette faible teneur, les deux compagnies de mines de Port-Philippe et de Clunes, dont cette même usine traite les produits, ont pu distribuer, tant en dividende qu'en redevance, aux propriétaires fonciers 244.375 francs. La valeur de l'or brut ayant été de $3^{f},27$ par gramme, ce qui

porte à 1.591.775 francs la valeur totale de l'or extrait, la somme des frais d'exploitation, de broyage et d'amalgamation, qu'a eu à supporter le minerai, s'est donc élevée pendant cette période à 1.346.600 francs pour 66.299 tonnes de quartz, soit par tonne 21f,61.

Un minerai tenant au maximum 6g,60 à la tonne serait donc utilement exploitable dans ces conditions.

Dans la plupart des districts miniers d'Australie, les usines de broyage et d'amalgamation forment une entreprise distincte des exploitations minières. Les minerais extraits des différentes concessions y sont traités à tour de rôle. Tout l'or extrait par amalgamation appartient au propriétaire de la mine qui surveille l'opération. L'usine perçoit une redevance fixe par tonne de minerai traité, et de plus se réserve le produit du traitement des *tailings*. Cette redevance perçue par les usines varie naturellement dans les différents districts suivant les conditions de la concurrence. A Sandhurst, centre minier de Victoria, où l'exploitation de l'or est déjà ancienne, et où plusieurs usines installées sur une grande échelle et dans de bonnes conditions se font concurrence, la mine paye à l'usine 4 francs par tonne de minerai. Dans des districts moins favorisés, les usines d'amalgamation perçoivent 8, 10 et jusqu'à 20 francs par tonne.

On peut évaluer à environ 10.000 francs par batterie de 5 flèches le prix d'acquisition à Sydney des bocards et tables de lavage, tels que ceux que nous avons décrits.

(La suite à la prochaine livraison.)

RAPPORT

A M. LE MINISTRE DE LA MARINE ET DES COLONIES SUR LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE ET LES RICHESSES MINÉRALES DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

Par M. Émile HEURTEAU, ingénieur des mines.

TROISIÈME PARTIE.

Formation serpentineuse. — Minerais de fer, de chrome et de nickel qui lui sont associés.

Nous avons décrit dans la première partie de ce rapport l'allure générale de la formation serpentineuse en Nouvelle-Calédonie, et nous avons indiqué comment on en pourrait tracer approximativement les contours. En étudiant ensuite la région des mines de cuivre et des mines d'or, nous avons vu comment les filons métalliques y sont en relation avec les dykes de roche serpentineuse qui se prolongent dans la direction du N.-O. jusque dans la vallée du Diahot.

Les gisements de minerais de fer, de chrome et de nickel, que nous avons maintenant à étudier, sont associés plus intimement encore à ces roches éruptives. On les rencontre au milieu même des grands massifs de serpentine qui se sont épanchés dans toute la partie méridionale et sur la côte N.-O. de l'île.

Nous commencerons donc par compléter les indications générales que nous avons déjà données sur la formation

serpentineuse de la Nouvelle-Calédonie, en y ajoutant quelques détails plus précis sur la nature et sur les caractères principaux des roches dont elle se compose.

§ 1. — Étude particulière des roches dont se compose la formation serpentineuse en Nouvelle-Calédonie.

Les roches dont se compose la formation serpentineuse en Nouvelle-Calédonie présentent une grande variété. On peut cependant les réduire à un certain nombre de types qui sont présentés par les échantillons 79 et 119 de notre collection. Nous allons les passer en revue en indiquant leurs principaux caractères :

Serpentines en roches. — Les échantillons 79, 80, 81 et 83 *bis* provenant de Kanala, de la baie du Sud et du cap Devert, représentent les aspects les plus ordinaires de la serpentine en roche. C'est souvent une roche à texture grenue dont la couleur est nuancée du vert clair au vert foncé (échantillon 81), ou zonée avec des veines d'un vert plus ou moins foncé comme dans l'échantillon 79. Dans l'échantillon 80 la texture est esquilleuse. Quelquefois le grain est très-fin et la roche devient compacte ; elle est alors généralement tendre, et elle a un éclat cireux, avec une couleur brune et verdâtre souvent très-claire ; elle passe ainsi à des silicates de magnésie blancs à pâte très-fine qui se rapprochent de l'écume de mer. L'échantillon 84 montre un exemple intéressant du passage d'une serpentine cireuse blanche et verdâtre, légèrement translucide, à éclat presque opalin à une serpentine zonée et grenue. Lorsque l'élément siliceux domine, la serpentine est dure, pierreuse et passe à des silex cariés tels que l'échantillon 99.

Comme variétés remarquables, nous devons signaler les serpentines fibreuses. Elles se présentent généralement sous la forme de petites veines de chrysotil dans les variétés pierreuses. Quelquefois, la texture fibreuse domine, et la

roche est entièrement formée de fibres bacillaires contournées, et entrelacées, de couleur vert clair avec un éclat cireux. Cette variété, dont l'échantillon 82 donne un bon spécimen, se trouve généralement en enduit sur des serpentines cireuses.

Enfin, l'échantillon 86 représente une variété de serpentine pierreuse, tendre, jaspoïde, de couleur claire et ordinairement nuancée de rose, de violet et de vert clair.

Cette variété est exploitée au cap Devert, où elle forme une sorte de typhon au milieu des serpentines en roches dont elle empâte de gros fragments (*).

Minéraux accidentels. Diallage. — Le minéral accidentel le plus fréquent dans la formation serpentineuse, est le diallage.

On le rencontre le plus souvent en petites lamelles bronzées, disséminées dans les serpentines (échantillons 87 et 88). Quelquefois, on le trouve au milieu des serpentines, en masses cristallines vert clair à clivages lamelleux (échantillons 89 et 90).

Enfin, c'est un des éléments constituants des euphotides.

Euphotides. — Les euphotides forment, au milieu des serpentines, des filons réguliers. On peut observer très-nettement un de ces filons au cap Devert; on peut le suivre dans la direction du N.-N.-O. au S.-S.-E., depuis la pointe du cap Devert jusque sur le plateau de Té-Oudié.

Il se compose d'euphotides à grandes parties qui sont composées de grandes lamelles blanches de feldspath labrador strié, enchevêtrées avec des lamelles cristallines noires de diallage (échantillons 91).

(*) Cette variété a été employée avec succès comme pierre à bâtir dans les constructions faites par la Compagnie de la Nouvelle-Calédonie à Nouméa; elle est facile à tailler et, en raison de la diversité de ses nuances, elle se prête bien aux effets décoratifs.

Dans l'échantillon 92, l'élément feldspathique fait presque entièrement défaut, et l'on n'a plus que du diallage cristallin et lamelleux.

Au contact de ce filon et des serpentines, on observe au cap Devert une roche à texture granitoïde, formée d'un feldspath blanc très-kaolinisé avec de petits cristaux bacillaires qui paraissent être de l'amphibole.

On rencontre les mêmes euphotides à l'extrémité méridionale de l'île, autour du massif du mont Dore. L'échantillon 92 *bis*, originaire de l'île Kosi, dans la baie du Sud, est une euphotide composée de diallage et de feldspath labrador lamelleux, très-analogue à celle du cap Devert quoique à plus petits éléments.

Nous les avons encore rencontrées en place, identiques d'aspect à celles de l'île Kosi, dans le lit de la rivière de la baie du Sud au-dessus de la grande Cascade, et à l'île Ouen.

L'île Ouen a été étudiée en détail par M. Garnier. Il y a décrit une formation remarquable de feldspath laminaire verdâtre, schisteux, qui s'étend en bancs réguliers sur toute la côte occidentale de cette île, et qu'on retrouve encore à la baie d'Iré, où elle perce les serpentines.

Ces roches feldspathiques sont parfois kaolinisées et elles sont alors généralement colorées en rouge par l'oxyde de fer. Ailleurs elles sont très-dures et passent au jade. M. Garnier les considère comme formées de feldspath labrador coloré par de petits cristaux de diallage. Nous avons pu en effet observer, sur la face occidentale de l'isthme qui sépare les deux parties N. et S. de l'île Ouen, des euphotides porphyroïdes identiques à celles de l'île Kosi; elles y forment un filon régulier, dirigé à peu près de l'E. à l'O., au milieu des schistes serpentineux altérés; elles sont associées à des amas de fer hydroxydé, et elles sont en contact avec des roches feldspathiques schisteuses, dures et assez voisines du jade (échantillon 93), qu'on peut rapprocher des roches

feldspathiques kaolinisées qui accompagnent les euphotides au cap Devert.

On doit sans doute classer encore dans la famille des euphotides la roche remarquable représentée par l'échantillon 106. Elle se compose de grands cristaux noirs et lamelleux qui paraissent être du diallage dans une pâte de feldspath avec des veines de quartz.

Nous n'avons pas observé cette roche en place; l'échantillon 106, qui provient du massif du mont Koghi, n'est qu'un fragment de caillou roulé; mais M. Garnier a rencontré la même roche en place, dans le massif du mont Dore, et il a noté son passage à des diorites.

L'échantillon 103 représente une diorite à pâte porphyroïde bien caractérisée. Nous avons rencontré cette roche au milieu de la formation serpentineuse, sur le territoire de Moméa qui est situé un peu au nord de Kanala sur la côte E.

La roche trappéenne à éléments indiscernables, représentée par l'échantillon 104, paraît aussi formée d'une pâte dioritique; elle forme des bancs intercalés dans les schistes serpentineux près de Kanala.

Quartz et silex. — Le quartz est très-répandu dans les serpentines, qui sont sillonnées de veines minces et irrégulières de quartz blanc opaque, semi-opalin. On le rencontre encore, comme nous l'avons indiqué, avec des euphotides, soit dans les roches à texture granitoïde ou porphyrique représentées par les échantillons 95 et 105 dont il est un des éléments, soit sous forme de rognons concrétionnés et compactes (échantillon 98).

L'échantillon 100 représente une manière d'être remarquable du quartz au milieu des roches de serpentine. C'est un enduit cloisonné qui se compose de quartz brun résineux, et que l'on trouve à la surface et dans les joints des serpentines altérées par les agents atmosphériques et par

le contact de l'eau de mer autour de la baie de Kanala.

Les veines de quartz qui sillonnent les serpentines paraissent avoir été formées par un phénomène de départ aux dépens même de la roche. Lorsque l'élément siliceux domine, ce phénomène de départ peut donner naissance à des roches cloisonnées, formées d'un squelette de quartz dont les cavités sont remplies par des silicates de magnésie ferrugineux. Ces silicates magnésiens sont eux-mêmes détruits et entraînés par les agents atmosphériques, et il reste comme résidu une sorte de silex caverneux.

L'échantillon 99 montre bien le passage d'une serpentine pierreuse très-chargée de silice à une roche cariée; la roche passe à une véritable meulière dont les cavités contiennent des argiles ocreuses (échantillons 101 et 101 *bis*).

Ces silex caverneux forment d'immenses amas dont le gisement est toujours aux pieds des derniers contre-forts de la formation serpentineuse, près du contact des serpentines et des terrains sédimentaires. On les rencontre notamment à Koumac, à Gomen, sur tous les plateaux serpentineux qui bordent la mer de Gomen, à Gatope, dans la vallée de la Dumbéa, et autour du massif du mont Dore.

Amas d'argiles magnésiennes et carbonates de magnésie. — On doit sans doute considérer aussi comme étant formés aux dépens des serpentines, par un phénomène de départ des différents éléments de la roche, des amas d'argiles magnésiennes jaspoïdes et ferrugineuses qu'on rencontre fréquemment sur les flancs des massifs serpentineux et au voisinage des silex caverneux que nous venons de décrire. On les observe en particulier dans la presqu'île de Nouméa, sur le territoire de Saint-Louis et dans la vallée de la Dumbéa, où on les emploie avec succès pour la fabrication des briques. On les retrouve sur la côte E., près de Kanala. Enfin, dans le nord de l'île, sur les territoires de Koumac et de Gomen, ces argiles jaspoïdes passent à des silicates

de magnésie très-purs, à pâte fine, très-voisins de l'écume de mer, et souvent aussi à des rognons de carbonate de magnésie compactes, tels que l'échantillon 97.

Dépôts des sources thermales de la baie du Sud. — Pour achever cette revue sommaire de la formation serpentineuse de Nouvelle-Calédonie, nous devons signaler les sources thermales de la baie du Sud, qui sont aujourd'hui la dernière manifestation des phénomènes éruptifs qui lui ont donné naissance. Ces sources sont au nombre de deux, l'une carbonique, l'autre légèrement sulfureuse. Leur température est d'environ 30°; leurs points d'émergence sont situés à peu de distance l'un de l'autre et alignés suivant une direction N. 70° E. Elles donnent naissance à des dépôts calcaires légèrement magnésiens.

L'analyse de ces dépôts, faite au bureau d'essai de l'École des mines, a donné :

Silice	0,60
Peroxyde de fer	2 »
Chaux	53,60
Magnésie	0,30
Acide sulfurique	0,60
— carbonique	42 »
	99,10

Roches métamorphiques au voisinage des massifs de serpentine. Schistes serpentineux. — Nous avons rencontré, dans la vallée du Diahot, des schistes feldspathiques et ardoisiers métamorphisés et transformés en schistes serpentineux au voisinage des dykes de serpentine.

Partout où les terrains sédimentaires viennent s'appuyer sur les massifs de serpentine, l'influence de ceux-ci se manifeste dans le voisinage immédiat des roches éruptives par le métamorphisme des couches inférieures qui passent à l'état de schiste serpentineux, et dans un rayon plus étendu par des dykes de roches serpentineuses et amphiboliques, par

des veines de stéatite, enfin par des veines et des filons de quartz qui s'intercalent dans les schistes. Dans la partie méridionale de l'île où la formation serpentineuse prend un grand développement, toute la chaîne centrale est formée par des schistes serpentineux et métamorphiques, interrompus çà et là par des massifs éruptifs.

On peut observer ces schistes en suivant la route muletière qui traverse l'île de l'O. à l'E., entre Ourail et Kanala; uniformément orientés du N.-O. au S.-E. suivant la direction générale de l'éruption serpentineuse, ces schistes sont tantôt tendres, écailleux, tachetés de vert et de blanc, avec un éclat résineux, tels que l'échantillon 122; tantôt compactes et pierreux, tels que l'échantillon 120; ils passent, par une transition insensible, à la serpentine en roche. Ils sont sillonnés par de nombreuses veines de quartz, quelquefois accompagnées d'épidote.

Au-dessus de ces schistes serpentineux apparaissent des schistes feldspathiques plus ou moins métamorphisés, souvent imprégnés de quartz avec ou sans épidote. Enfin les terrains sédimentaires qui bordent la côte S.-O. au pied de la formation serpentineuse, présentent aussi des phénomènes de métamorphisme dus à son influence; nous aurons à en rendre compte dans la dernière partie de ce rapport, en étudiant les couches de charbon qui appartiennent à cette région.

§ 2. — Gisement et valeur industrielle des minerais de fer.

Le fer oxydé et hydroxydé, sous diverses formes, est très-abondant en Nouvelle-Calédonie. On le rencontre assez fréquemment à l'état de fer oxydulé en grains ou de fer oligiste, au milieu des terrains anciens du nord de l'île. Il est surtout très-répandu dans les serpentines, principalement dans celles qui contiennent du diallage et au voisinage des filons d'euphotide. Les argiles magnésiennes

produites par la décomposition des serpentines sont généralement colorées en rouge et très-chargées d'oxyde de fer.

En un grand nombre de points, on rencontre au milieu de la formation serpentineuse de puissants amas de minerai de fer; ce sont des fers hydroxydés chromifères, donnant à l'analyse environ 70 p. 100 de peroxyde de fer, tels que ceux qui sont représentés dans le n° 117 de notre collection. Le gisement de ces minerais est au milieu des amas d'argiles jaspoïdes plus ou moins colorées en rouge qui proviennent de la décomposition de ces serpentines. Ils se présentent sous la forme de gros blocs caverneux et scoriacés empâtés dans les argiles. En un grand nombre de points de la côte méridionale de l'île, ces blocs, mis à nu par l'action des eaux qui ont délayé les argiles, ont roulé sur le flanc des montagnes et se sont entassés sur le rivage. A l'île Ouen on rencontre des blocs semblables entassés sur le sol, et qui paraissent provenir de la destruction du chapeau ferrugineux d'un filon d'euphotide.

On connaît en Nouvelle-Calédonie d'immenses amas de ces minerais. On les rencontre notamment : au pied des massifs serpentineux de la côte N.-O., et en particulier entre Koumac et Gomen, sur le territoire concédé à la compagnie de la Nouvelle-Calédonie; sur toute la côte S.-O., S. et S.-E.; autour du massif du mont Dore, à la baie du Sud et à l'île Ouen. A l'extrémité méridionale de l'île, les hauts plateaux qui forment la région des lacs, et au sommet desquels les eaux s'accumulent à une altitude d'environ 400 mètres pour se déverser sur la côte orientale dans la baie d'Iré et sur la côte S.-O. dans la baie du Sud, sont presque entièrement formés de minerais de fer; ceux-ci paraissent avoir été déposés par des sources minérales, dont les sources thermales de la baie du Sud sont le dernier témoin, et qui se seraient épanchées au fond de vastes cuvettes dont les bords sont formés de serpentines en roche traversées par des filons d'euphotides.

Il serait possible d'exploiter en Nouvelle-Calédonie, à proximité de la mer et à peu de frais, des quantités énormes de ce minerai de fer. La question est de savoir quelle est sa valeur industrielle et dans quelles conditions son exploitation pourrait être entreprise.

Il est d'abord bien évident qu'on ne peut songer à installer des hauts fourneaux et à fondre le minerai sur place en Nouvelle-Calédonie. Dans les colonies australiennes, qui possèdent du minerai de fer et du charbon en abondance, et qui se trouvent dans un état de développement incomparablement plus avancé que celui de la Nouvelle-Calédonie, on a fait sans succès de nombreuses tentatives pour produire de la fonte ou du fer, en concurrence avec les fontes et les fers d'Angleterre qui sont transportés en Australie à très-bas prix comme lest de navires chargés de bois. Les hauts fourneaux de Fitzroy, près de Sydney, que M. Garnier cite comme pouvant être un débouché pour les minerais de fer de Nouvelle-Calédonie, sont éteints aujourd'hui; et il est probable que pour longtemps encore toute entreprise analogue en Australie aura le même sort. Peut-on tenter de transporter ces minerais de Nouvelle-Calédonie en France? Il est évident qu'un minerai de fer, quelle que soit sa richesse ou sa pureté, ne peut supporter les frais de ce transport que s'il possède quelque propriété spéciale, qui le fasse rechercher par les usines pour être employé par elles en quelque sorte comme réactif et mélangé avec d'autres minerais. C'est ainsi que les sables titanifères de la Réunion ont pu trouver un débouché en France pour la fabrication de certains aciers. C'est à ce point de vue spécial qu'il est intéressant d'étudier les minerais de Nouvelle-Calédonie.

M. Garnier y a jadis signalé la présence de 2 à 5 p. 100 d'oxyde de chrome. Ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que le chrome s'y trouve dans un état particulier qui le rend attaquable par les acides, et cette circonstance est de

nature à attirer sur ce minerai l'attention des métallurgistes.

M. Moissenet, ingénieur des mines, directeur du bureau d'essai de l'École des mines, a bien voulu se charger d'examiner les échantillons de ces minerais. Je ne puis mieux faire que de reproduire ici la lettre qu'il m'a fait l'honneur de m'adresser et qui résume ses observations :

« Je vous ai adressé, le 2 juin 1875, les résultats de « l'analyse du minerai de fer oxydé hydraté chromifère « que vous avez recueilli au mont Dore, en Nouvelle-Calé- « donie.

« Depuis, j'ai reçu par vos soins un poids plus notable « de ce même minerai sur lequel j'ai pu faire alors des « essais par la voie sèche. Sans avoir épuisé sur cette ma- « tière les expériences auxquelles elles pourrait donner « lieu, voici les principales observations qui résultent des « essais et des analyses :

« Le minerai se présente sous des types un peu diffé- « rents. Tous les fragments sont caverneux, mais à divers « degrés. Les uns (A) sont rouge brun assez compactes « quant à la pâte, et sillonnés de cavités plus ou moins « remplies d'une matière d'un brun clair un peu orangé et « friable ; d'autres morceaux (B) ne diffèrent des précé- « dents que par des cavités plus petites et plus rares, moins « bien garnies de la substance rouge clair ; enfin, certains « fragments (C) présentent une structure moins compacte « et les cavités renferment une matière ocreuse.

« On a constaté la présence du chrome dans la pâte « compacte et dans les matières friables rougeâtres ou « ocreuses des cavités ; le chrome paraît être surtout con- « centré dans ces dernières.

« Lorsqu'on attaque le minerai par l'acide chlorhydrique, « le chrome passe en totalité dans la dissolution, fait très- « digne de remarque.

« L'analyse des fragments remis, en premier lieu, et qui « représentent assez bien les types A et B, a donné :

	A	B
Silice et acide titanique. .	5.60	7,60
Alumine.	Traces	Traces
Peroxyde de fer.	69,60	73 »
Oxyde rouge de manganèse.	2 »	0,60
Oxyde vert de chrome. . .	5,33	2,85
Chaux.	Traces	Traces
Magnésie.	*id.*	*id.*
Acide phosphorique. . . .	non dosé	non dosé
Chlorure de sodium. . . .	Traces sensibles	0,40
Perte par calcination. . .	16,60	14,30
Acide sulfurique.	0,60	0,70
	99,73	99,45

« En résumé, la gangue siliceuse serait de 6 à 7 p. 100, « et quant aux oxydes métalliques, on aurait une moyenne « de :

Peroxyde de fer.	71,30	
Oxyde rouge de manganèse. .	1,30	
Oxyde vert de chrome. . . .	4,09	(2,85 à 5,33)

« L'essai par voie sèche a porté sur un mélange des frag- « ments plus volumineux du second envoi.

« On a employé pour 100 parties de minerai :

a	Argile.	12 ½	
	Calcaire.	12 ½	
b	Borax.	40 »	Essai spécial pour fonte chromifère.
	Charbon mélangé. . . .	20 »	

« et obtenu :

a. . . . . . 56,70 p. 100 de fonte gris clair, assez cassante, tenant 0,60 p. 100 de chrome.

b. . . . . . 59,85 p. 100 de fonte d'un blanc d'argent, grenue, cassante, très-dure, car elle raye fortement le verre, tenant 3,80 p. 100 de chrome.

« OBSERVATIONS. — *La présence de soufre en proportions* « *bien sensibles ne permet pas de considérer ces minerais*

« *comme remarquables par leur pureté; ce qui les carac-* « *térise, au contraire, c'est la proportion notable de l'oxyde* « *de chrome.*

« *Il pourrait être utile de signaler aux métallurgistes* « *français l'existence de ces minerais et de leur faciliter, le* » *cas échéant, l'obtention d'une quantité suffisante pour les* « *expériences industrielles qu'ils seraient tentés de faire.* »

Il serait facile de donner satisfaction à ce vœu de M. Moissenet.

100 tonnes de ces minerais ont déjà été rapportées en France par la frégate *la Danaé* en 1872 à la suite d'une erreur qui les avait fait confondre avec les minerais de fer chromé. L'erreur ayant été reconnue au Havre, ces 100 tonnes y sont restées sans emploi. Ces minerais provenaient de la baie du S. et avaient été exploités à quelques mètres de la mer, près des établissements d'artillerie. Lorsque nous avons visité la baie du S., il en restait environ 150 tonnes mises en tas sur le rivage et prêtes à être embarquées. Il serait facile d'en extraire du même point et à peu de frais des quantités considérables. Si, comme nous n'en doutons pas, le ministère de la marine est disposé à prêter son concours aux industriels qui seraient tentés d'expérimenter les propriétés des ces minerais de fer chromifères, les transports qui en quittant la Nouvelle-Calédonie vont faire de l'eau à la baie du S. pourraient facilement y prendre la quantité de minerai qui serait jugée nécessaire pour ces essais.

§ 3. — Gisement et importance industrielle des minerais de chrome.

Les gisements de fer chromé de la Nouvelle-Calédonie ont été étudiés et décrits par M. Garnier. Ainsi que l'a reconnu cet ingénieur, le chrome est abondamment répandu dans toute la formation serpentineuse de la Nouvelle-Calédonie. On rencontre très-fréquemment du fer chromé dans

les serpentines en roches, surtout dans celles qui contiennent du diallage sous la forme de petits grains cristallins isolés ou réunis en veinules et tapissant les parois de petites géodes. Les échantillons 89, 113 et 114 de notre collection en fournissent des exemples.

Les minerais de fer qui sont associés aux serpentines contiennent aussi, comme nous l'avons vu, une proportion notable de chrome, qui est concentré dans des matières friables et rougeâtres qui remplissent les cavités de la roche, et qui s'y trouve dans un état de combinaison difficile à définir. Enfin M. Garnier a rencontré dans le massif du mont Dore de véritables gisements de fer chromé en amas cristallins, qu'il considère comme susceptibles d'être utilement exploités.

Nous avons visité ces gisements dont nous avons facilement retrouvé les affleurements d'après les indications très-précises fournies par M. Garnier (*). Ce sont des amas d'argiles jaspoïdes au milieu des serpentines. Ces argiles empâtent des petits rognons cristallins de fer chromé, dont une certaine quantité, séparée des argiles par l'action des eaux et concentrée par ce lavage, s'est accumulée à la surface du sol. L'échantillon 115 de la collection en donne un beau spécimen. En admettant que le gisement ait une certaine étendue (et à cet égard il n'a pas été fait de travaux de recherches qui permettent d'émettre une opinion), il faudrait nécessairement concentrer le fer chromé en le séparant des argiles par un lavage ou au moins par un débourbage. De plus ces gisements, et surtout celui qui se trouve au-dessus de la cascade, quoique étant à peu de distance de la mer, ne sont cependant pas d'un accès facile, au moins actuellement. Dans ces conditions, et eu égard au

(*) Voir *Essai sur la géologie et les ressources minérales de la Nouvelle-Calédonie*, par M. Garnier (*Annales des mines*, 6e série, t. XII, pages 81 et suivantes).

prix élevé de toutes choses en Nouvelle-Calédonie, nous pensons que M. Garnier est resté bien au-dessous de la vérité en estimant à 11f,50 par tonne le prix de revient du fer chromé amené sur le rivage et prêt à être embarqué.

Quelle peut être, dans l'état actuel des choses, l'importance industrielle de ces gisements? La maison Cloué, Delacrettaz et Cie du Havre est la seule en France qui emploie du fer chromé. Si nos renseignements sont exacts, elle en consomme annuellement environ 4.000 tonnes. Ces industriels ont expérimenté le minerai du mont Dore dont la valeur se trouverait être de 150 à 160 francs par tonne. Pour faire suite à ces premiers essais, l'administration coloniale devait envoyer en France, par la frégate *la Danaé*, 100 tonnes de fer chromé du mont Dore. Par suite d'une méprise vraiment inexplicable, cette frégate rapporta, au lieu de fer chromé, 100 tonnes de minerai de fer de la baie du S., et, depuis cette époque, la question de l'exploitation du fer chromé en Nouvelle-Calédonie est restée stationnaire.

Le prix du fret de la Nouvelle-Calédonie en France est encore aujourd'hui de 100 francs par tonne. Ceci étant, et la valeur de la tonne de fer chromé étant d'environ 150 francs, il resterait environ 50 francs par tonne pour couvrir les frais d'exploitation, les frais de transport et de chargement de minerai, et les frais généraux. Ce serait sans doute suffisant pour faire une exploitation régulière et bien conduite.

C'est à l'initiative individuelle qu'il appartient de tenter une pareille entreprise et d'en peser les chances. Mais avant tout la première question à résoudre serait de reconnaître, par quelques travaux de recherches, l'étendue des gisements dont on ne connaît aujourd'hui que les affleurements. Nous pensons que le service des mines, qui est aujourd'hui constitué dans la colonie, pourrait faire exécuter dans de bonnes conditions ces travaux de reconnaissance, et mettre ainsi l'industrie privée à même d'entre-

prendre, s'il y a lieu, et en toute connaissance de cause, l'exploitation de ces gisements.

A titre de renseignement nous ajouterons qu'il existe en Nouvelle-Zélande, dans la province de Nelson, dont la constitution géologique présente beaucoup d'analogie avec la Nouvelle-Calédonie, d'abondants amas de fer chromé dans les serpentines. Bien que cette partie de la Nouvelle-Zélande soit dans un état de développement industriel bien plus avancé que celui de la Nouvelle-Calédonie, on n'a pas encore pensé pouvoir y entreprendre utilement l'exploitation de ces minerais.

En dehors des gisements du mont Dore décrits par M. Garnier, il existe certainement d'autres amas de fer chromé dans les massifs serpentineux de la Nouvelle-Calédonie. Nous en avons eu entre les mains de beaux échantillons, que nous supposons provenir des environs de Koné sur la côte ouest, sans toutefois en connaître exactement le lieu d'origine.

§ 4. — Minerais de nickel.

Veines et enduits de silicate de nickel dans la formation serpentineuse de la Nouvelle-Calédonie.—Le nickel est très-abondamment répandu, dans toute la formation serpentineuse de la Nouvelle-Calédonie, sous la forme d'un silicate de nickel et de magnésie vert bleuâtre, depuis longtemps connu en minéralogie sous le nom de *pimélite*.

La collection de M. Garnier, qui est déposée à l'exposition permanente des colonies, contient plusieurs échantillons de cette substance; et, dans le mémoire publié par lui en 1867 dans les *Annales des mines*, M. Garnier signalait pour la première fois la présence du nickel en Nouvelle-Calédonie. Après avoir décrit les silex cloisonnés caverneux qui accompagnent les argiles magnésiennes dans la vallée de la Dumbéa, M. Garnier s'exprimait en ces ter-

mes (*) : « Ici les cavités de la roche sont remplies de si-
« licates magnésiens, fortement imprégnés d'une substance
« nickélifère verte qui les colore, et que, jusqu'à ce jour,
« on avait prise pour un certain état du chrome, qui
« d'habitude est abondant dans le quartz lui-même;
« M. Jannettaz a constaté la véritable nature de cette co-
« loration.

« Le nickel se rencontre aussi dans les mêmes condi-
« tions, accompagnant des serpentines noirâtres, avec no-
« dules de matières vertes; à Kanala, le nickel se montre
« encore colorant fortement un silicate magnésien.

« Il sera d'un haut intérêt d'étudier plus complétement
« les gisements du nickel en Nouvelle-Calédonie, et de
« voir si l'industrie ne saurait point y tirer parti de ce
« métal, dont le prix, comme on sait, est assez élevé, et
« dont l'emploi offre tant d'avantages dans certains cas. »

En un certain nombre de points de la formation serpentineuse de Nouvelle-Calédonie, et plus que partout ailleurs dans le massif du mont Dore, on rencontre en effet en abondance ces silicates de magnésie plus ou moins colorés par le nickel. Ils forment dans les joints des serpentines, principalement dans les serpentines brunes et cireuses, des enduits verts et bleuâtres, tels que ceux qui sont représentés par l'échantillon 108 de notre collection. D'après les analyses faites par M. le professeur Liversidge, de l'Université de Sydney, cette serpentine brune contiendrait elle-même une assez notable proportion de nickel, de sorte que les enduits de silicate de nickel qui remplissent ses joints paraissent être formés aux dépens même de cette roche, par la concentration d'un de ses éléments. Assez fréquemment, comme dans l'échantillon 107, on trouve ces plaquettes

(*) Voir *Essai sur la géologie et les ressources minérales de la Nouvelle-Calédonie*, par M. Garnier (*Annales des mines*, 4e livraison de 1867, page 85).

de silicate de nickel dans des roches porphyroïdes à grands cristaux de diallage lamelleux.

Enfin, on rencontre assez souvent au milieu des serpentines des veinules assez régulières, de quelques centimètres d'épaisseur, dans lesquelles le silicate de nickel est concentré en rognons d'un beau vert émeraude au milieu d'argiles magnésiennes. Ces enduits nickélifères, quelque abondants qu'ils puissent être, et même ces veinules plus ou moins régulières ne constituent évidemment pas des gisements susceptibles d'être exploités. De même aux États-Unis où la pimélite est assez fréquente au milieu des serpentines, accompagnant le fer chromé, on ne l'a jamais rencontrée qu'en petites quantités inexploitables, de sorte que ce minéral n'avait pas encore été considéré, au point de vue industriel, comme un des minerais du nickel.

Découverte d'un filon nickélifère dans le massif du mont Dore. — C'est à la fin de l'année 1874 qu'on rencontra pour la première fois en Nouvelle-Calédonie le silicate de nickel en filon régulier, constituant un gisement bien défini et susceptible d'être exploité. Nous avons visité ce filon, peu de temps avant notre départ de Nouvelle-Calédonie, au moment de sa découverte. Il affleure sur le versant S.-E. du massif du mont Dore, sur la rive droite d'une petite rivière qui est désignée sur les plans du service topographique sous le nom de rivière Mbéa. Ce cours d'eau se jette dans la petite baie de Plum, qui n'est elle-même qu'une partie de la baie de Muéa. Il descend du N. au S. au fond d'une petite vallée marécageuse que bornent à l'ouest la chaîne du petit et du grand mont Dore, à l'est le massif de l'Ouaghi, au nord une chaîne de contre-forts qui se détache du grand mont Dore et sur l'autre versant de laquelle se trouve la vallée de la Coulée.

Toute cette région est exclusivement formée de serpentines en roches, de silex caverneux, et d'amas d'argiles jas-

poïdes ferrugineuses et de fer hydroxydé caverneux ; sur ce même versant, il existe sur le flanc du petit mont Dore des amas de fer chromé. Enfin nous avons recueilli, parmi les roches dont les débris couvrent le sol, des roches porphyroïdes à grands cristaux de diallage, telles que les échantillons 107 et 108, mais nous n'avons pu observer ces roches en place; nous ignorons donc comment et suivant quelle direction elles sont injectées dans les serpentines.

Le silicate de nickel est très-abondant dans les serpentines en roche et dans les roches porphyroïdes à cristaux de diallage, sous forme de veinules et surtout d'enduits dans les joints de la roche; ces plaquettes d'argile magnésiennes colorées par le nickel, très-brillantes et d'un beau vert émeraude dans les cassures fraîches, se décolorent rapidement et tombent en poussière par l'action des agents atmosphériques.

Le filon proprement dit affleure sur le versant de la montagne, à 5 kilomètres environ de la mer. Il est orienté de l'E. à l'O., perpendiculairement à la direction de la vallée. Au moment de notre visite, les affleurements de ce filon avaient été mis à nu par une tranchée sur quelques mètres de longueur.

En ce point, la structure du filon est bréchoïde; son remplissage se compose de silicate de nickel mélangé à des argiles magnésiennes qui ont été manifestement injectées au milieu de la serpentine dont elles empâtent des fragments; c'est une serpentine compacte, cireuse, de couleur brune. L'échantillon 110 de notre collection représente assez exactement l'aspect de ce filon près de ses affleurements. Nous estimons que les parties stériles, qui sont formées de serpentines englobées dans le filon, représentent un peu plus de la moitié de sa masse totale. Sa puissance est d'environ 1^{m},25 ; elle est difficile à déterminer exactement, car le toit et le mur ne sont pas nettement séparés

du corps du filon. Dans une zone assez étendue au toit et au mur, les serpentines sont très-fortement imprégnées de silicate de nickel, qui pénètre dans tous les joints de la roche.

A 10 mètres environ au nord des affleurements que nous venons de décrire, on peut observer ceux d'un second filon parallèle au premier; ils se composent d'une roche siliceuse cloisonnée, dont les cavités contiennent du silicate de nickel, et qui est représentée par l'échantillon 109.

Enfin le prolongement des affleurements nickélifères a été retrouvé à environ 500 mètres de distance sur l'autre versant de la vallée, sur la rive gauche de la rivière Mbéa. On y rencontre de plus, au contact des serpentines brunes pailletées de diallage, une roche formée de lamelles de talc, et dans cette roche des mouches de cuivre carbonaté (échantillon 112).

Résumé; analyse et valeur industrielle du minerai. Conclusions. — De ces observations, sans doute très-imparfaites en raison de l'insuffisance des travaux de reconnaissance, il résulte cependant d'une manière bien nette : *que le silicate de nickel se trouve injecté dans les serpentines suivant un filon régulier, ayant environ 1^{m},25 de puissance, et orienté de l'E. à l'O. c'est-à-dire parallèlement aux filons d'euphotide de la baie du Sud et de l'île Ouen.*

Le remplissage de ce filon est formé mi-partie de serpentine, mi-partie de silicate de nickel verdâtre empâté dans des argiles blanches magnésiennes. Nous avons remis au bureau d'essai de l'École des mines, pour y être analysés, des échantillons recueillis aux affleurements de ce filon et identiques à ceux qui figurent sous le numéro 111 dans notre collection. L'analyse des parties vertes et bleuâtres, triées et séparées de la gangue, a donné pour 100 parties :

Gangue quartzeuse	3,00	
Silice	41,00	
Alumine	0,60	
Protoxyde de nickel	19,00	
(Correspondant à nickel métallique)		14,95
Magnésie	16,30	
Chaux	Traces	
Eau	20,00	
	99,90	

C'est donc un hydrosilicate de nickel et de magnésie contenant près de 15 p. 100 de nickel métallique. Cette matière, facilement attaquable, et probablement facile à traiter par la voie humide en précipitant le nickel par un procédé galvanique, constitue un riche minerai de nickel. L'échantillon soumis à l'analyse avait été à la vérité trié avec soin, de manière à séparer le silicate de nickel des argiles magnésiennes incolores avec lesquelles il est mélangé; mais en admettant que le minerai trié à la mine d'une manière beaucoup moins parfaite soit amené à une teneur moyenne d'environ 7 à 8 p. 100, ce serait encore un magnifique produit.

Le nickel est aujourd'hui très-recherché; ses emplois se multiplient pour la fabrication des monnaies et d'objets de tout genre, notamment des instruments de chirurgie, et même de certaines pièces de machines. D'après les derniers cours, et selon des renseignements que nous avons tout lieu de croire exacts, des minerais de la nature de ceux de la Nouvelle-Calédonie trouveraient acheteur en France au prix de 10 francs par kilogramme de nickel métallique contenu, soit 100 francs par tonne et par 1 p. 100 de nickel donné par l'analyse.

Les conditions d'exploitation dans la vallée de Mbéa seraient relativement assez favorables. Il serait facile de relier par un tramway le siége de l'exploitation à la baie de Plum, où les navires de faible tonnage peuvent trouver un bon mouillage assez près de terre. De la baie de Plum à

Nouméa la distance par mer n'est que d'environ 10 milles. Mais *pour exprimer une opinion raisonnée sur l'avenir de l'exploitation du nickel en Nouvelle-Calédonie, il resterait un point à éclaircir, celui de savoir ce que devient en profondeur le filon nickelifère dont nous avons observé les affleurements.* Il est vraisemblable que l'hydrosilicate de nickel n'est qu'un produit de surface, et qu'à une certaine distance des affleurements il sera remplacé dans le filon par les arsénio-sulfures qui constituent les minerais ordinaires du nickel. Cependant ces minerais arsénio-sulfurés sont généralement associés au cobalt, dont on n'a pas encore trouvé de traces dans les minerais de la Nouvelle-Calédonie. Enfin nous avons noté des indices de cuivre sur l'alignement du filon nickelifère, sur la rive gauche du ruisseau; il est donc possible qu'à une certaine profondeur le nickel se trouve associé à des minerais de cuivre, probablement à des pyrites et à des arsénio-sulfures.

Il est regrettable que cette reconnaissance du filon en profondeur n'ait pas encore été faite. Nous manquons d'ailleurs de renseignements précis sur l'état des choses depuis le moment où nous avons quitté la Nouvelle-Calédonie. Depuis cette époque, il a été beaucoup question des mines de nickel de Nouvelle-Calédonie, en Australie, et en France; mais la spéculation s'en est emparée, sans doute aux dépens des travaux de recherches et de reconnaissance du gîte. D'après un compte rendu publié dans le *Moniteur officiel de la colonie* au mois de janvier 1875, l'exploitation des gisements situés sur le versant du mont Dore, et auxquels appartient le filon que nous venons de décrire, avait produit à cette époque environ 140 tonnes de minerai dont la teneur moyenne était évaluée, sans doute un peu arbitrairement, à 6 p. 100. Mais ce minerai provenait des affleurements ou du voisinage immédiat de la surface, et il ne paraissait pas qu'on eût encore pris la peine d'explorer le filon en profondeur, ce qui, nous le répétons, aurait dû être

fait dès le début, et à défaut de quoi il est impossible d'apprécier avec certitude la valeur du gisement et l'avenir de son exploitation.

Depuis la découverte sur le versant S.-E. du mont Dore, des affleurements du filon nickelifère que nous venons de décrire, de nouvelles découvertes de minerai de nickel ont été annoncées en un grand nombre de points de la Nouvelle-Calédonie, et la collection du *Journal officiel* de la colonie contient une nombreuse nomenclature de demandes de concession de mines de nickel, tant dans le massif du mont Dore, que dans la vallée de la Dumbéa et sur la côte E., sur les territoires de Kanala et de Ouaïlou.

Nous supposons qu'un grand nombre de ces prétendues découvertes n'ont pas en réalité pour objet un filon régulier et bien défini, mais seulement des veinules ou de simples enduits de silicate de magnésie nickelifère dans les joints des serpentines, ce qui, comme nous l'avons vu, ne peut constituer un gisement exploitable.

D'après les renseignements qui nous sont parvenus, il paraît cependant qu'on a découvert de nouveaux affleurements de filons réguliers dans le massif du mont Dore, et que des gisements récemment signalés à Ouaïlou, un peu au N. de Kanala, ont une réelle importance. Il serait à désirer que l'administration de la colonie hâtât l'instruction des demandes en concession, de manière à écarter après prompt examen toutes celles qui sont formées uniquement dans un but de spéculation, qui ne portent pas sur un gisement bien défini, et qui n'ont pas été précédées de travaux suffisants de recherches et d'exploration du gîte. Cette sévérité serait d'autant plus justifiée que, d'après l'économie de la réglementation des mines introduite en Nouvelle-Calédonie par l'arrêté du 13 septembre 1873, les concessions accordées par acte administratif doivent être réservées à des cas exceptionnels, et que le mode ordinaire d'acquisition des concessions doit être la simple prise de

possession, dans certaines conditions d'étendue et à la charge de satisfaire à certaines obligations de travail, ce qui doit éliminer les spéculateurs et donner toute garantie aux inventeurs de bonne foi (*).

(*) D'après les nouvelles reçues de Nouvelle-Calédonie depuis la rédaction de ce rapport, les travaux de recherche et d'exploitation des filons de silicate de nickel y ont pris un rapide développement. De nombreux et riches filons de ce précieux minerai ont été découverts, non-seulement dans le massif du mont Dore, mais aussi dans le district de Païta, et principalement sur la côte E., dans les districts de Kanala et de Ouaïlou.

D'après des renseignements officiels adressés au département de la marine et des colonies par le service des mines de la colonie, des travaux d'aménagement considérables exécutés par M. Hanckar dans les concessions de Boa-Kaïné et de Mamouth, dans le district de Kanala, vont permettre d'y exploiter régulièrement des filons en chapelet, donnant du minerai de bonne qualité, et dont la puissance varie entre 1 et 2 mètres. Sur le territoire d'Ouaïlou, la mine de Bel-Air, découverte au mois de juin 1875, a produit dans l'espace de quelques mois 500 tonnes de minerai riche. Cette mine est reliée à la mer, et son exploitation paraît devoir prendre rapidement un grand développement.

Au 31 décembre 1875, la situation des mines de nickel en Nouvelle-Calédonie était la suivante :

Mines de nickel.

LOCALITÉS.		NOMBRE des concessions.	ÉTENDUE des concessions.
			hectares.
Demandes de concession en instance.	District de Païta	4	1.000,00
	— du mont Dore	7	1.223,34
	— de Kanala	16	2.680,00
Concessions acquises par prise de possession.	District de Païta	4	55,96
	— du mont Dore	6	60,00
	— de Kanala	32	547,20
	Divers	1	25,00
Permis de recherches.	District de Païta	2	59,00
	— de Kanala	11	880,00
	Divers	2	132,00
Total des mines de toutes catégories		85	6.662,50

Association du silicate de nickel et du minerai de mercure aux mines de New-Almaden, en Californie. —En terminant cet exposé, nous rapporterons une observation que nous avons faite aux mines de mercure de New-Almaden en Californie, que nous avons eu l'occasion de visiter au passage en rentrant en France. Les filons de cinabre y traversent des serpentines accompagnées de schistes serpentineux et de brèches, dont l'aspect est absolument identique à celui de roches analogues de la Nouvelle-Calédonie.

Le cinabre est disséminé dans une gangue calcaire accompagnée de silicate de magnésie; et dans certaines parties du filon il est associé à une roche silicatée caverneuse, remplie d'une matière verdâtre dont l'aspect nous a rappelé les silicates de magnésie nickelifères de la Nouvelle-Calédonie. Un échantillon de cette roche, analysé sur notre demande au bureau d'essai de l'École des mines, s'est trouvé contenir une quantité notable de nickel, soit 0,30 p. 100. Cette association du silicate de nickel avec le minerai de mercure à New-Almaden, jointe à l'analogie constatée entre les roches de New-Almaden et celles des environs de Nouméa et du massif du mont Dore, est fort remarquable; et ce fait peut faire naître l'espoir de trouver des gisements de mercure dans la formation serpentineuse de la Nouvelle-Calédonie. Nous ne saurions trop appeler sur ce point l'attention des explorateurs. Pendant notre séjour en Nouvelle-Calédonie, nous avons eu entre les mains plusieurs échantillons de cinabre, qu'on nous a assuré provenir du massif du mont Dore et de la côte E.; mais nous n'avons pu en constater l'authenticité ni en connaître exactement la provenance.

QUATRIÈME PARTIE.

CHAPITRE I.

TERRAINS STRATIFIÉS ET MÉTAMORPHIQUES DE LA CÔTE OUEST. MÉLAPHYRES.

Nous avons décrit à grands traits, dans la première partie de ce rapport, la constitution géologique de la région située sur la côte occidentale de la Nouvelle-Calédonie, entre la mer et la formation serpentineuse qui constitue la chaîne centrale de l'île.

Nous avons vu que cette zone se compose :

1° *De schistes feldspathiques.* — Ces schistes s'étendent du N.-O. au S.-E. au pied de la formation serpentineuse; ils sont le prolongement des schistes argileux de la côte N.-O., et ils sont caractérisés par des calcaires cristallins analogues à ceux de la Roche Mauprat et de Jenghen, dont on peut observer les affleurements au sud de Bourail, dans l'île Ducos, et dans la vallée de la Dumbéa. (Voir les échantillons 121 à 131 de la collection.) Mais dans toute cette zone cette formation a été disloquée et métamorphisée au contact des mélaphyres qui s'y sont épanchés.

2° *De mélaphyres, tufs mélaphyriques, et de brèches qui leur sont associées.* — Ces roches se sont épanchées en un grand nombre de points de la côte occidentale depuis Gatope jusqu'au mont Dore. On peut les observer en particulier autour de la baie de Gatope, sur la côte d'Ourail, dans les îles de la baie de Saint-Vincent, dans la presqu'île Ducos et dans la presqu'île de Nouméa. Elles forment le

long de la mer un bourrelet sur lequel s'appuient les couches métamorphisées à leur contact.

3° *De couches triasiques*, dont on peut observer des lambeaux, au contact immédiat des mélaphyres, dans les îles de la baie de Saint-Vincent, et sur la côte d'Ourail.

4° *De couches carbonifères.*

Nous avons à indiquer les caractères généraux de ces différentes formations avec lesquelles les terrains carbonifères se trouvent en contact; nous étudierons ensuite d'une manière particulière ces derniers terrains et les gisements de charbon qu'ils renferment.

Mélaphyres. — Nous sommes forcé de réunir sous la dénomination de mélaphyres tout un ensemble de roches auxquelles elle ne s'applique pas également bien. Cette formation, dont les échantillons 136 à 163 de notre collection représentent les principaux types, se compose de roches porphyriques et trappéennes, de roches amygdaloïdes, de tufs, de brèches, et de roches métamorphiques, qui passent souvent de l'une à l'autre par des transitions insensibles, et dont la classification ne peut être que très-incertaine.

Mélaphyres cristallins et amygdaloïdes. — Les échantillons 136, 137, 138, 139, qui ne proviennent que de la baie de Gatope, de l'île Ducos et de la baie de la Dumbéa, présentent assez nettement les caractères des mélaphyres. Ce sont des roches brunes, à pâte feldspathique tout à fait compacte ou un peu celluleuse, et contenant de petits cristaux de feldspath strié. Dans l'échantillon 137, on peut distinguer les stries du feldspath, et aussi des petits cristaux de pyroxène. L'échantillon 139 contient de petites amygdales calcaires. A l'île Ducos, des bancs de cette roche compacte alternent avec des bancs d'un mélaphyre amygdaloïde représenté par l'échantillon 140, qui est formé de cristaux blancs de feldspath et d'amygdales de zéolithes dans une pâte brune feldspathique.

Tufs mélaphyriques. — Les roches trappéennes que nous venons de décrire sont accompagnées de roches tufacées. A l'île Ducos, où les mélaphyres se sont épanchés en grandes nappes, on peut observer plusieurs alternances de mélaphyre compacte et de tuf mélaphyrique. On peut relever la coupe suivante sur la côte S.-O. de cette île, sur la face opposée à l'île Hugon : à la base, alternances d'un mélaphyre à éléments cristallins plus ou moins confus et parfois bréchoïde, représenté par l'échantillon 147, avec des bancs d'une roche bréchoïde qui contient des grains verdâtres et des amygdales calcaires et en outre les débris d'une coquille fossile indéterminable; nous considérons cette roche, qui est classée comme calcaire coquillier dans la collection de M. Garnier, comme un véritable tuf mélaphyrique qui a dû s'épancher à l'état boueux au fond de la mer, ce qui explique la présence des fossiles qu'il contient. Au-dessus de ces tufs se trouve un banc de porphyre dur, compacte, noduleux, gris avec une teinte bleuâtre dans les cassures, qui est représenté par l'échantillon 142. Enfin ce porphyre est séparé des couches triasiques plus ou moins métamorphisées, qui reposent sur cette formation éruptive, par un banc de tuf formé d'une pâte grossière empâtant des petites baguettes noires cristallines et qui est représenté par l'échantillon 141. Nous avons observé des tufs mélaphyriques coquilliers à amygdales calcaires analogues à ceux de l'île Ducos sur le territoire d'Ourail; ils s'y trouvent en contact immédiat avec les couches carbonifères; ils y forment des bancs inclinés, orientés comme les terrains carbonifères au N.-O.=S.-E. avec plongement vers le N.-E.; les échantillons 169 et 170 en proviennent.

Brèches. — Les mélaphyres à pâte cristalline ou tufacés sont associés à une formation très-étendue de brèches et de roches métamorphiques; le passage de l'un à l'autre se fait par degrés insensibles, sans qu'il soit possible de distinguer

avec précision les roches de différente origine. Les brèches sont principalement formées aux dépens du puissant banc de calcaire cristallin siliceux qui s'étend du N.-O. au S.-E., depuis la roche Mauprat. Ces calcaires cristallins sont très-développés dans la partie N.-O. de l'île Ducos; les pitons assez élevés qui se dressent à cette extrémité de l'île sont formés de rochers calcaires présentant bien l'aspect caractéristique de cette formation (échantillons 128 et 129). Sur la face occidentale de cette île, on ne trouve plus que des lambeaux de ces calcaires; ils sont empâtés dans des tufs mélaphyriques et dans des brèches calcaires à éléments très-confus telles que les roches représentées par les échantillons 143 et 146.

Dans la presqu'île de Nouméa et dans la presqu'île Ducos, où les brèches ont un grand développement, elles sont en contact avec une puissante formation calcaire qui est exploitée dans les carrières de la pointe de l'Artillerie et à l'île Nou. Nous considérons encore ces calcaires comme appartenant à la bande de calcaires cristallins dont on retrouve les lambeaux depuis la roche Mauprat sur toute l'étendue de la côte ouest. Cependant leurs caractères minéralogiques sont ici différents. Ce sont des calcaires compactes, à grain très-fin, à cassure conchoïdale, et qui ont pu être employés avec succès comme calcaires lithographiques; ils sont malheureusement sillonnés par de nombreuses veines de chaux carbonatée spathique qui les rendent difficilement propres à cet usage; ils contiennent des rognons de silex. Les échantillons 132, 133, 134 et 135 donnent les principaux types de ces calcaires. Les éléments des brèches se composent généralement de fragments de ce calcaire lithographique et de silex noir dans une pâte compacte. L'échantillon 151 donne un bon spécimen de ces brèches, qui peuvent prendre un beau poli, et qui sont ainsi susceptibles d'un heureux emploi architectural.

On rencontre dans la presqu'île de Nouméa et dans la

presqu'île Ducos une formation très-étendue qui se compose de bancs de schistes noduleux formés d'écailles concentriques. Ces schistes noduleux, qui sont des sortes de wackes à grains grossiers et à éléments confus, passent eux-mêmes à des brèches. L'échantillon 149 représente le passage d'une roche mélaphyrique à éléments confus à une brèche composée de calcaire gris et de silex. En d'autres points ces brèches sont décomposées et friables; elles se composent alors de tufs terreux empâtant de grands fragments à angles aigus de calcaire lithographique. C'est ce qu'on observe notamment à Nouméa, près de la caserne d'infanterie. On exploite à Nouméa, dans la carrière de la rue Marengo, au milieu de schistes noduleux qui généralement se délitent très-rapidement à l'air, un banc de pierres dures et résistantes qui fournissent de bons matériaux de construction; ce sont des roches compactes, à grains très-fins, à cassure conchoïdale et à arêtes tranchantes, qui sont souvent sillonnées par des veines de calcaire spathique ou de quartz. Les échantillons 151, 152, 153, 154, 155 et 156 représentent les différents aspects de cette roche et le passage d'une roche pierreuse compacte à une roche tufacée ou à une brèche.

On peut encore observer cette formation, très-développée et présentant les mêmes caractères, sur le territoire de Bourail, entre le village de Bourail et la mer. On la retrouve, mais beaucoup moins développée, sur la côte est sur le territoire de Kanala. Sur le territoire de Gomen, où cependant les mélaphyres ne se sont pas épanchés au jour, on peut observer, au contact des calcaires cristallins, une brèche formée de calcaires et de silex noir qui est identique d'aspect à celles de la presqu'île de Nouméa, comme on peut s'en convaincre en examinant l'échantillon 148 de notre collection.

Schistes métamorphiques. — Les schistes feldspathiques

ont été métamorphisés sous l'influence des mélaphyres, et il est difficile de les distinguer nettement des bancs de tufs mélaphyriques avec lesquels ils sont en contact.

Au voisinage de Nouméa, ces schistes métamorphiques se présentent sous la forme d'une roche calcaire grise, compacte, se brisant avec des arêtes aiguës, telle que celle qui est représentée par l'échantillon 171.

Ils sont disposés en grandes dalles, orientées environ au N. 10° O. avec plongement alternatif vers l'O. et vers l'E. A Bourail les schistes métamorphisés au voisinage des brèches mélaphyriques se présentent sous la forme d'une roche verte compacte, légèrement calcaire, contenant de petites lamelles de chaux carbonatée, telle que l'échantillon 162 qui provient d'une carrière exploitée au centre du village. On exploite cette même roche à Ourail dans une carrière voisine du poste de Téremba; elle y forme des bancs réguliers de $0^m,40$ à $0^m,60$ de puissance, orientés au N. 30° O. et plongeant vers l'E.-N.-E. avec une inclinaison sur l'horizon d'environ 20°. On y trouve des coquilles fossiles, représentées dans la collection sous le n° 164, qui démontrent l'origine sédimentaire de ces couches métamorphiques; ces fossiles paraissent identiques à la *Spirigera Wreyi*, qui a été décrite par M. Zittel dans le compte rendu du voyage de la Novara (*) comme provenant des couches triasiques de la province de Nelson en Nouvelle-Zélande.

Dans ces mêmes bancs de la carrière de Teremba, dont cependant l'origine métamorphique n'est pas douteuse, on peut observer le passage brusque de la roche compacte et adélogène à une roche cristalline; ce fait est mis en évidence d'une manière bien nette par l'échantillon 160. La partie cristalline est formée de feldspath du sixième système en cristaux blancs et striés, de petits cristaux de

(*) Voir *Paläontologie von Neu-Seeland*, *Novara-Expedition*, 1er Band, IIe Abtheilung, pages 19 et 28, et planche VII.

pyroxène et d'amygdales calcaires; c'est donc un véritable mélaphyre. L'échantillon 161, qui provient des couches noduleuses de la presqu'île Ducos, en est un second exemple.

A Bourail, on peut observer le passage de ces mêmes schistes métamorphiques à une roche singulière, représentée par l'échantillon 163. Elle est composée de quartz vitreux verdâtre, de felspath labrador en lamelles striées, et de cristaux bacillaires d'amphibole avec des grains de fer oxydulé.

On voit par ces exemples combien cette formation, assez analogue à celle des porphyres bruns des Vosges, est complexe, et combien il est difficile de dénommer avec certitude les roches qui la composent.

Age des mélaphyres de la côte ouest. — La venue au jour des mélaphyres qui se sont épanchés sur la côte O. est en partie contemporaine des terrains de trias qui sont profondément métamorphisés à leur contact. Elle s'est prolongée jusqu'au milieu de la période secondaire. On rencontre en effet des dykes de mélaphyre compacte tel que l'échantillon 192, accompagné de mélaphyres bréchiformes tels que l'échantillon 192 *bis*, au milieu même des couches carbonifères, qui, comme nous le verrons, appartiennent probablement au lias. On peut observer notamment ce fait à Koé, et près la rivière de Voh sur le territoire de Gatope. Les mélaphyres sont probablement antérieurs à la venue des serpentines, qui les ont soulevés ainsi que les schistes dans la direction du N.-O.=S.-E.

Minerais de cuivre associés aux mélaphyres. — M. Garnier a signalé des veinules de cuivre carbonaté et de cuivre natif dans les mélaphyres de l'île Ducos, qui se trouvent être très-analogues aux roches que traversent les filons de cuivre du lac Supérieur. L'échantillon 137 donne un exemple de ces mouches de cuivre carbonaté

dans un mélaphyre porphyrique. Les quelques travaux de recherches, d'ailleurs très-insuffisants, auxquels ont donné lieu ces indications, n'ont pas amené jusqu'ici la découverte d'un gisement bien défini et susceptible d'être exploité. L'association du cuivre avec les mélaphyres n'en est pas moins importante à signaler. D'autre part, nous avons recueilli dans la vallée du Diahot, sur le versant de la chaîne qui la sépare de la côte de Koumac, un échantillon de roche mélaphyrique (échantillon 78); mais nous n'avons pu observer cette roche en place, ni nous rendre compte du rôle qu'elle peut jouer par rapport aux gisements de cuivre de cette région. Ce serait un point important à éclaircir, et sur lequel nous ne saurions trop appeler l'attention.

Couches triasiques. — On rencontre à l'île Ducos et à l'île Hugon des couches triasiques, qui ont été étudiées et décrites par M. Garnier, et qui présentent une analogie remarquable avec celles de la province de Nelson en Nouvelle-Zélande qui ont été décrites dans le compte rendu du voyage de la Novara. Nous avons observé cette même formation sur la grande terre, au nord de la baie d'Ourail.

On peut distinguer nettement deux étages.

L'étage supérieur, qui est de beaucoup le plus développé, se compose de schistes calcaires, bruns, ferrugineux, contenant en grande abondance une petite coquille bivalve du genre *Monotis*, posée à plat dans le sens de la stratification des couches. Les échantillons 173 et 174, provenant, l'un de l'île Ducos, l'autre du sommet des mamelons qui s'élèvent au N. de la baie d'Ourail près du poste de Téremba, représentent ces bancs coquilliers.

Comme l'a reconnu M. Garnier, ces Monotis sont identiques au *Monotis Richmondiana* de la province de Nelson, dont le gisement est décrit en ces termes par le docteur Zittel : « Les couches fossilifères les plus anciennes « de la Nouvelle-Zélande se trouvent dans l'île du Sud;

« elles se composent d'un grès plus ou moins coloré et « plus ou moins ferrugineux, qui présente de grandes ana« logies avec les grès à spirifer de la région du Rhin. Les « couches ne contiennent qu'un petit nombre de fossiles « appartenant à peu d'espèces différentes, parmi lesquels « deux bivalves se distinguent par le nombre des individus « et par leurs caractères remarquables. Les plus abondantes « appartiennent au genre Monotis. Des bancs entiers en « sont composés et forment un véritable conglomérat de « coquilles posées à plat dans le sens de la stratification. « Elles présentent de grandes analogies de gisement et « une remarquable conformité de formes avec le *Monotis* « *Salinaria* que l'on rencontre dans le terrain de trias su« périeur des Alpes autrichiennes. La variété de la Nou« velle-Zélande se distingue cependant par une plus « grande grosseur, par des côtes plus accusées et plus « cintrées. » (Zittel, *Fossile Mollusken und Echinodermen aus Neu-Seeland. — Novara-Expedition, II*te *Abtheilung*, p. 19.)

Cette description peut s'appliquer exactement aux couches de Nouvelle-Calédonie. En Nouvelle-Zélande, le *Monotis Richmondiana* est accompagné d'une petite bivalve, l'*Halobia Lamelli*, également décrite par M. Zittel, et dont M. Garnier signale la présence à l'île Ducos. Enfin à l'île Hugon M. Garnier a rencontré dans les mêmes couches les fossiles suivants : *Turbo Jouani*, *Astarte* (sp. ind.), *Spirigera* (?) *Caledonia*, *Spirigera Planchesi*, *Spirifer* (sp. ind.). Ces couches à *Monotis Richmondiana* sont, comme nous l'avons dit, très-développées à l'île Ducos; elles y sont en contact avec les tufs mélaphyriques, et elles y forment des bancs réguliers orientés du N.-E. au S.-O. et plongant au S.-E. avec une inclinaison d'environ 46° vers l'horizon. On peut encore les observer avec les mêmes caractères sur les mamelons qui bordent la côte O. au N. d'Ourail. Elles y sont en contact avec les mélaphyres et elles ont été,

en certains points, complétement métamorphisées; ainsi l'échantillon 165, provenant des couches qui affleurent près du poste de Téremba au-dessus de la carrère, montre un spécimen de Monotis dans une roche métamorphique.

Les couches métamorphiques de la carrière de Téremba, qui sont situées manifestement au-dessous des couches à *Monotis Richmondiana*, et que nous avons déjà citées comme exemple de roches mélaphyriques ayant une origine métamorphique, contiennent des moules d'un *Athyris* qui paraît identique à l'espèce décrite sous le nom de *Spirigera Wreyi*, par le docteur Zittel (*Novara-Expedition. Geologischer Theil, II*[e] *Abtheilung*, p. 28). Cette espèce, dont le facies est dévonien, se trouve en Nouvelle-Zélande comme en Nouvelle-Calédonie au-dessous des couches à Monotis. Toutefois M. Zittel la considère encore comme triasique. Elle caractériserait donc, en Nouvelle-Calédonie, un étage inférieur de la série triasique.

Enfin cette formation triasique comprend encore des couches métamorphiques un peu calcaires, qui sont caractérisées par des moules d'une grosse bivalve identique au *Mytilus problematicus*, décrit par le docteur Zittel (*Novara-Expedition. Geologischer Theil, II*[e] *Abtheilung*, p. 28). (Voir l'échantillon 166.) Nous n'avons pu déterminer exactement le niveau de ces couches. A l'île Ducos, où M. Garnier les a observées, elles paraissent être situées au-dessus des couches à *Monotis Richmondiana*. A Ourail, au contraire, où on les trouve très-développées entre le poste de Teremba et la mer, elles paraissent plutôt être identiques aux couches à *Spirigera Wreyi* et par conséquent être inférieures aux couches à Monotis.

Dans les couches à *Mytilus problematicus*, nous avons rencontré, à Ourail, un moule de *Spirifer*, représenté par l'échantillon 167, et une très-grande abondance de troncs de bois fossiles imprégnés de pyrites, tels que ceux qui sont représentés par l'échantillon 168.

CHAPITRE II.

TERRAINS CARBONIFÈRES (*). — GISEMENTS DE CHARBON.

Étendue et caractères généraux de la formation carbonifère de la Nouvelle-Calédonie.

On peut observer les terrains carbonifères sur une assez grande étendue de la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie; ils occupent une zone étroite comprise entre la formation serpentineuse qui forme la chaîne centrale de l'île, et entre les roches éruptives et métamorphiques qui bordent la mer. Ils se composent de couches uniformément dirigées du nord-ouest au sud-est avec une orientation voisine de N. 30° E., et qui plongent vers le N.-E. avec une inclinaison sur l'horizon comprise entre 40 et 90° vers l'ouest. Cette formation s'appuie sur les mélaphyres, sur les schistes feldspathiques métamorphisés et sur les terrains de trias; vers l'est elle vient butter contre les premiers massifs serpentineux de la chaîne centrale, au voisinage de laquelle elle s'échelonne par l'effet d'une série de failles en gradins.

A son extrémité méridionale cette bande est très-étroite; elle vient se perdre aux pieds du massif du mont d'Or, au sud duquel la formation serpentineuse occupe toute la largeur de l'île et s'étend jusqu'à la mer.

Autour de la baie de Boulari, à la gorge de la presqu'île de Koutio-Kouéta, et un peu plus au nord dans la vallée de la Dumbéa, on rencontre les terrains carbonifères bien carac-

(*) Nous avons traité avec plus d'étendue la question des gisements de charbon de la Nouvelle-Calédonie, dans un rapport adressé à M. le gouverneur pendant notre séjour dans la colonie au sujet d'une demande de concession de mines de charbon à Ourail. Une partie des développements qui vont suivre sont empruntés à ce premier rapport.

térisés et contenant des couches de charbon; mais dans cette région les couches carbonifères sont très-resserrées entre les formations de mélaphyre et les massifs serpentineux; elles sont de plus disloquées par des éruptions de porphyres euritiques qui les pénètrent, de telle sorte qu'elles sont discontinues, irrégulières, et souvent métamorphisées par le contact immédiat des roches éruptives.

Plus au nord, sur le territoire de Saint-Vincent et sur celui d'Ourail, la chaîne serpentineuse s'éloigne de la mer; les schistes feldspathiques plus ou moins métamorphisées et les couches triasiques s'étagent au-dessus des mélaphyres qui bordent la côte; les terrains carbonifères leur succèdent jusqu'au pied de la chaîne centrale, occupant ainsi parallèlement à la côte une sorte de fond de bateau où leurs couches se sont trouvées soustraites à l'influence immédiate des phénomènes éruptifs. On peut donc s'attendre à les rencontrer dans cette région dans des conditions de continuité et de régularité favorables à leur exploitation.

A partir de Bourail et jusqu'au nord de l'île, les massifs serpentineux se rapprochent de la côte. La continuité de la formation carbonifère se trouve donc interrompue, et il faut en chercher les lambeaux à une certaine distance de la mer, entre les premiers plans de montagnes et la chaîne centrale. On retrouve ainsi une bande de terrains carbonifères bien caractérisés, depuis Koné jusque vers la limite du territoire de Gomen, sur le versant oriental des monts Tehaté, Katépahié et Témala; mais aucune trace de charbon n'a été signalée dans ces parages, qui sont d'ailleurs peu explorés.

La formation carbonifère, dont nous venons d'indiquer approximativement l'étendue, se compose principalement de grès siliceux arénacés à ciment feldspathique souvent kaolinisé, tels que ceux qui sont représentés par les échantillons 182, 184, 188, 190 de la collection. Ils sont

souvent colorés par l'oxyde de fer, et sillonnés par un réseau de concrétions ferrugineuses telles que l'échantillon 197 *bis*. Les couches de charbon sont intercalées dans ces grès; leur niveau est caractérisé par des lits d'argiles violacées, compactes et onctueuses au toucher, représentées par l'échantillon 185; elles se transforment parfois en schistes ferrugineux fusibles tels que l'échantillon 197.

Dans la vallée de la Dumbéa, et en certains points du territoire d'Ourail, on rencontre à la base des grès arénacés un grès qui est un véritable poudingue formé de grains de quartz hyalin et de cailloux roulés de silex (échantillons 187 et 195). Le plus souvent les grès arénacés reposent, soit directement sur les serpentines et les mélaphyres, soit sur des schistes feldspathiques métamorphisés à retrait prismatique, souvent en partie kaolinisés; au milieu de ces schistes feldspathiques émergent des porphyres euritiques, tels que ceux du n° 193 de la collection, qui sont caractérisés par des cristaux de feldspath orthose, dans une pâte feldspathique compacte, et sur l'origine éruptive ou métamorphique desquels nous ne pouvons nous prononcer.

Les argiles violacées et ferrugineuses contiennent quelques débris de plantes et des moules de coquilles; les échantillons 185 et 186 en donnent des spécimens malheureusement indéterminables. Dans les grès arénacés nous avons rencontré des moules de *Cardium* et d'*Orthis* ainsi que d'autres fossiles tout à fait indéterminables qui sont représentés par les échantillons 200, 201 et 203 de la collection.

M. Garnier a fait connaître la présence de fossiles infraliasiques à Koé; ce sont : l'*Ostrea sublamellosa* Dunker, la *Pellatia Garnieri* Munier, le *Cardium caledonicum* Munier, et un *Turbo* qui ont été rencontrés dans les schistes ferrugineux au voisinage du charbon, et la *Nucula Hammeri* Defrance, qui se trouve dans les bancs charbonneux eux-

mêmes. Cette origine infraliasique des couches carbonifères de la Nouvelle-Calédonie paraît être confirmée par la découverte récente à Koutio-Kouéta, à peu de distance de Koé et dans les mêmes terrains, d'un fragment d'ammonite qui présente des analogies avec l'*Ammonites margaritatus* du lias (*).

D'ailleurs, on peut observer nettement, sur le territoire d'Ourail, la superposition des grès carbonifères aux couches triasiques qui sont bien distinctement caractérisées par le *Monotis Richmondiana*.

La formation carbonifère de la Nouvelle-Calédonie appartient donc à la période secondaire. En Nouvelle-Zélande on rapporte à la même période le bassin houiller de la baie des îles, ceux de Grey River et de Mount Rochefort dans la province de Nelson, ainsi qu'une série de petits bassins qui sont échelonnés sur le flanc oriental des Southern Alps. Ces bassins houillers, dont l'exploitation est en ce moment en voie de grand développement, contiennent des couches puissantes et régulières; ils produisent du charbon de bonne qualité, bien qu'inférieur à celui de la Nouvelle-Galles du Sud.

On sait que la Nouvelle-Galles du Sud contient de vastes bassins houillers produisant du charbon léger qui donne peu de coke, mais qui est très-propre au chauffage des appareils à vapeur. La production annuelle des bassins de Newcastle et de Wellongong ne s'élève pas à moins de 900.000 tonnes. La question de l'âge de ces couches est très-controversée. La présence de débris de plantes telles que le *Glossopteris* ont déterminé un grand nombre d'auteurs à les considérer comme appartenant à l'époque secondaire et comme faisant partie

(*) Voir *Extraits de géologie* pour les années 1873 et 1875, par MM. Delesse et de Lapparent (*Annales des mines*, 7ᵉ série, t. VI, page 576).

de la série oolithique. Cette opinion a été constamment soutenue par les membres du *Geological Survey* de la colonie de Victoria. Ceux-ci ont identifié avec les étages supérieurs de la formation carbonifère de la Nouvelle-Galles du Sud, les couches carbonifères, d'ailleurs peu régulières et de mauvaise qualité, qui affleurent sur la côte méridionale de l'Australie et notamment à Geelong, au cap Paterson et au cap Otway, et dont l'origine secondaire n'est pas douteuse; mais cette manière de voir est vivement combattue par M. Clarke. Cet éminent géologue a constaté dans les séries carbonifères de la Nouvelle-Galles du Sud des alternances de couches à Glossopteris, avec des couches qui contiennent des fossiles dont l'origine paléozoïque (*) ne lui paraît pas douteuse.

En adoptant cette manière de voir, on devrait donc réunir les gisements carbonifères de la Nouvelle-Calédonie et ceux de la Nouvelle-Zélande et de Victoria dans un groupe distinct de ceux de la Nouvelle-Galles du Sud, et les considérer comme appartenant à une formation géologique postérieure.

Ayant ainsi indiqué les caractères généraux de la formation carbonifère de la Nouvelle-Calédonie, nous avons à rendre compte de l'étude plus détaillée des gisements de houille qu'elle renferme. Nous considérerons successivement les trois régions où ces gisements ont donné lieu à des travaux de recherches et à des tentatives d'exploitation, savoir : le littoral de la baie de Boulari au pied du mont d'Or, la vallée de la Dumbéa, et enfin le territoire d'Ourail.

1° ***Affleurements de charbon aux pieds du mont d'Or, sur le littoral de la baie de Boulari et dans l'Ilot-au-charbon.*** — Des affleurements de couches charbonneuses sont apparents

---

(*) Voir *Remarks on the sedimentary formation of New South Wales*, by the Rev. Clarke, publié dans le catalogue des produits de la Nouvelle-Galles du Sud, à l'Exposition de 1867.

au pied du mont d'Or, sur le versant N.-O. de ce massif ; on en retrouve sur le littoral de la baie de Boulari, dans la plaine de Saint-Louis, et jusque dans la presqu'île de Nouméa à l'endroit désigné sous le nom de passage des Portes de fer sur la route de la Vallée-des-Colons. Ce sont des veines charbonneuses irrégulières, dans des schistes ferrugineux ou dans des argiles violacées, au milieu d'une formation de grès arénacés ou euritiques sillonnés de veines ferrugineuses. Ces grès reposent directement sur les brèches mélaphyriques ou sur les schistes noduleux et les argiles jaspoïdes qui en dérivent, et ils forment, au milieu de la formation éruptive, des ilots isolés. Leur direction est N.-N.-O., et ils plongent vers le N.-E., de sorte qu'ils viennent butter contre les massifs serpentineux qui bordent la côte.

On peut observer :

Aux Portes de fer, trois minces veines charbonneuses séparées par des grès euritiques et reposant sur une couche d'argile violacée savonneuse, contenant des débris de plantes et de coquilles représentés par l'échantillon 185. Ces couches sont dirigées N.-S. et presque verticales ; elles viennent butter, à quelques mètres au-dessous de leurs affleurements, contre les brèches jaspoïdes ;

A l'entrée de la plaine de Saint-Louis, un peu avant d'arriver à l'établissement de la mission, trois veines charbonneuses d'allure très-irrégulière, qui affleurent sur un assez long parcours, et qui reposent presque directement sur les argiles ferrugineuses jaspoïdes dérivées des brèches ;

Au pied du mont d'Or, à l'extrémité S.-E. de la baie de Boulari, une assise de schistes ferrugineux de 2 mètres de puissance contient des veinules et des veines irrégulières de charbon. Ce banc de schistes charbonneux est intercalé dans les grès arénacés ; il est dirigé comme eux au N.-O. = S.-E. et très-incliné sur l'horizon ; il plonge au N.-N.-E. de

manière à venir butter immédiatement contre le massif éruptif du mont d'Or.

D'après le sens de leur plongement, le prolongement idéal de ces couches au-dessus de leurs affleurements se dresserait au-dessus de la mer. Cette formation, qui est entièrement formée de roches tendres et friables, a été dénudée par la mer. Un petit îlot, situé à une faible distance de la côte, en face du mont d'Or, qui est connu sous le nom d'Ilot-au-charbon, a échappé à cette destruction. Cet îlot est relié à la côte par un plan incliné en pente douce, il se termine au contraire du côté de la mer par une falaise triangulaire; il est composé de grès arénacés, friables, et presque entièrement kaolinisés; à leur base, et par conséquent au voisinage des roches éruptives sur lesquelles ils reposent, ces grès sont imprégnés de concrétions ferrugineuses et contiennent des bancs de nodules ferrugineux. Sur le flanc de la falaise on voit affleurer au milieu de ces grès un banc d'environ 15 mètres de puissance qui se compose d'alternances d'argiles feuilletées et friables, de couches charbonneuses, et de schistes ferrugineux. La couche charbonneuse la plus développée est à la partie inférieure de cette formation; elle a environ 6 mètres de puissance totale, y compris deux bancs d'argile ayant chacun environ $0^{m},80$ d'épaisseur. Ce charbon (voir l'échantillon 183) est gras, brillant, fendillé; il paraît être d'assez bonne qualité. Il brûle facilement en exhalant une odeur bitumineuse et en donnant une bonne flamme. Toute cette formation est orientée au N. 30° O., et plonge vers le N.-E. en formant avec l'horizon un angle supérieur à 45°. Elle vient donc butter presque immédiatement contre les massifs serpentineux vers lesquels elle s'incline.

Des détails qui précèdent, il résulte que les couches carbonifères qui affleurent en divers points autour de la baie de Boulari, ne sont que des lambeaux isolés, irréguliers et peu étendus, d'une formation qui a été presque entièrement

détruite par les phénomènes de dénudation, et qui se trouve limitée à peu de distance de ses affleurements par les serpentines.

Ces couches ont cependant été l'objet de tentatives d'exploitation. Dès 1852, l'aviso *le Prony* avait pris à son bord du charbon provenant de l'Ilot-au-charbon, et l'a employé avec un certain succès. En 1858, une concession de 500 hectares fut instituée en faveur du sieur Darnaud pour l'exploitation de ces gisements; mais elle prit fin en 1862, par un arrêté du gouverneur qui prononça la déchéance du concessionnaire en raison de l'insuffisance manifeste et de l'abandon des travaux. Il était facile de prévoir l'insuccès de ces tentatives, et il serait sage de renoncer absolument à l'espoir de trouver dans cette région des gisements de charbon exploitables.

2° *Gisements de charbon dans la vallée de la Dumbéa.* — Les travaux de recherche de charbon ont été transportés en 1865, par M. Garnier, dans la vallée de la Dumbéa.

En suivant la route de Nouméa à Paita, avant de passer dans la vallée de la Dumbéa par le col de Tongué, on rencontre un lambeau de grès arénacés contenant des veines charbonneuses. Ces couches, qui sont enclavées dans des brèches noduleuses mélaphyriques, se prolongent cependant à une certaine distance dans la direction du S.-E., dans la presqu'île de Koutio-Kouéta; mais elles sont terreuses, très-irrégulières, et elles ne peuvent donner lieu à une exploitation.

Dans la vallée de la Dumbéa, la formation carbonifère peut avoir plus de régularité et d'étendue. La Dumbéa descend du mont Koghi, qui est entièrement formé de serpentines entourées d'amas de silex caverneux. Son cours inférieur traverse le bourrelet de mélaphyres, de brèches mélaphyriques et de schistes feldspathiques métamorphisés, qui borde la mer. Entre ces deux massifs s'étend parallè-

lement à la côte une plaine ondulée, arrosée par de nombreux cours d'eau et couverte aujourd'hui de belles plantations. Les terrains carbonifères y sont assez développés. Ils se composent principalement de grès arénacés, friables et ébouleux, sillonnés par des veines ferrugineuses et par de petits filons de quartz hyalin. Ces grès sont dirigés du nord-ouest au sud-est avec plongement vers l'est. Ils forment une bande de collines dénudées qui s'étend aux pieds de la chaîne centrale et dont on peut suivre au loin le prolongement. Toute cette formation est d'ailleurs disloquée par des roches éruptives. Les grès arénacés reposent directement, soit sur les silex caverneux ou sur les serpentines contre lesquels ils viennent butter, soit sur les roches mélaphyriques, sur les argiles jaspoïdes et sur les schistes feldspathiques métamorphisés.

Dans le lit d'un des affluents de la Dumbéa, un peu au nord de Koé, on observe, au-dessous des terrains carbonifères, un banc de calcaire cristallin siliceux identique à ceux de Jenghen et de la roche Mauprat; ce fait établit l'identité de ces schistes feldspathiques avec ceux du nord de l'île.

Au milieu de ces schistes feldspathiques métamorphisés, on rencontre des roches porphyriques dont l'origine éruptive ou métamorphique est douteuse. Les grès eux-mêmes, dont le ciment est feldspathique, passent à des sortes d'eurites toujours plus ou moins kaolinisées.

Les roches triasiques ne sont pas représentées dans cette région. Sur la rive gauche du ruisseau du Karigou, et entre la route de Paita et la mer, on rencontre une formation assez développée de grès grossiers et de poudingues (échantillon 187) qui forment sans doute au-dessous des grès arénacés la base du terrain carbonifère.

Les couches charbonneuses sont à la base des grès arénacés, au milieu d'argiles et de schistes ferrugineux. On peut observer leurs affleurements dans le lit des dif-

férents affluents de la Dumbéa, aux pieds des derniers contre-forts de la formation serpentineuse. Les points d'affleurements sont alignés sur une direction N.-N.-E.=S.-S.-O., tandis que la direction des couches est constamment N.-O.=S.-E. Ces couches paraissent donc avoir été disloqués et rejetées vers le sud-ouest, de manière à se trouver échelonnées sur cette nouvelle direction.

Les affleurements charbonneux sont particulièrement développés dans le lit de la petite rivière du Karigou, en aval de l'établissement de Koé. Ces affleurements sont très-voisins des amas de silex caverneux, et de plus en contact immédiat avec un filon d'une roche trappéenne formée d'une pâte verte dans laquelle on distingue des cristaux de felsdpath strié (échantillon 192) et qui est un véritable mélaphyre. Un filon identique, qui affleure dans le lit du même ruisseau un peu en aval des affleurements charbonneux, est accompagné d'une roche bréchiforme (échantillon 192 *bis*). La direction de ce filon de mélaphyre est, comme celle des couches, du N.-O. au S.-E.; à son contact les couches charbonneuses ont été métamorphisées. (Voir échantillon 191.)

Des travaux de recherche assez étendus ont été entrepris en ce point sous la direction de M. Garnier, et l'on en a extrait une certaine quantité d'anthracite de bonne qualité; mais, en suivant la couche sur une assez grande longueur, on a reconnu qu'elle était très-irrégulière, disloquée par des failles et par des étranglements, de plus très-terreuse; et l'on a dû renoncer à trouver dans cette région des gisements exploitables. Ces gisements ne pourraient d'ailleurs être que très-limités, les couches carbonifères venant manifestement butter contre les roches éruptives à une faible distance de leurs affleurements.

3° *Gisements de charbon sur le territoire d'Ourail.* — Par les raisons que nous avons exposées plus haut, c'est sur les territoires de Saint-Vincent et d'Ourail, là où la formation

serpentineuse de la chaîne centrale s'écarte des roches mélaphyriques qui bordent la côte, qu'on peut espérer rencontrer les gisements carbonifères dans les conditions les plus favorables de régularité et d'étendue.

En 1870, les travaux de construction de la route d'Ouraïl à Kanala mirent en évidence des affleurements de charbon sur le territoire d'Ouraïl, à 6 kilomètres de poste de Téremba. Quelques travaux de recherches furent commencés en ce point dès cette époque, mais ils furent bientôt abandonnés sans avoir donné de résultat. Ces travaux furent repris pendant notre séjour dans la colonie; une exploration détaillée de cette région et quelques tranchées ouvertes à la surface permirent alors de reconnaître sur un grand nombre de points de ce territoire, les affleurements d'une formation carbonifère très-étendue.

La région que nous avons explorée s'étend au nord-ouest de la baie d'Ouraïl, de part et d'autre de la rivière de Moindou. A défaut de carte, le croquis représenté par la *fig.* 4, Pl. IX, suffira pour l'intelligence des explications qui vont suivre.

En se transportant au sommet des monticules assez élevés qui forment la presqu'île de Teremba, on peut embrasser dans une vue d'ensemble toute l'étendue du pays que nous avons à parcourir. Au bord de la mer, la vue s'étend sur une série de monticules qui forment sur tout le littoral une sorte de bourrelet discontinu, découpé par des baies profondes. A cette chaîne appartiennent du côté de l'est les gros mornes coniques qui se dressent à l'entrée de la baie d'Ouraïl. Dans la direction de l'ouest, elle s'abaisse vers l'embouchure de la rivière de Moindou et elle se continue au delà de cette échancrure par une suite de collines arrondies. Aux pieds de cette chaîne s'étendent des marais salés au milieu desquels se dressent des monticules isolés.

Si du même point de vue on se tourne vers le nord, dans la direction de la grande terre, le trait orographique

le plus saillant est une longue crête ayant une hauteur uniforme d'environ 200 mètres qui court de l'est à l'ouest, parallèlement à la côte. Vers l'est, cette chaîne se rattache à un massif plus élevé, dont le sommet saillant est le mont Menhou, qui s'élève au-dessus des marais salés qui bordent le cours inférieur de la rivière d'Ourail. Au centre du bassin que nous considérons, cette ligne de faîte présente une large échancrure, par laquelle la rivière de Moindou se fraye un passage jusqu'à la mer. En analysant de plus près la configuration de cette chaîne, elle se compose d'une ligne brisée qui est formée d'éléments orientés à peu près à l'O.-N.-O., et échelonnés sur une direction N.-E.=S.-O. par une série de failles. Un de ces accidents correspond à la trouée de la rivière de Moindou ; un autre produit un rejet et une dépression assez considérables de la ligne de faîte, entre le village de Moméa et le sommet de Mé-Aoué.

La ligne de partage que nous venons de décrire sépare les affluents de la Foni-Oenho et ceux du cours supérieur de la rivière de Moindou des petites rivières du littoral. Celles-ci traversent une plaine ondulée au-dessus de laquelle s'avancent des contre-forts en dos d'âne terminés à leur extrémité par des proéminences arrondies, telles que le Mé-Aoyali et le Mé-Oualeb. Quant à la rivière de Moindou, qui forme la principale artère du bassin que nous avons à décrire, son cours supérieur est encaissé entre le sommet Menhou et la montagne de Farino ; après être sortie de ce massif montagneux, qui se rattache à la chaîne centrale de l'île, la rivière court de l'est à l'ouest jusqu'au village du Grand-Moindou ; elle s'infléchit alors brusquement au sud pour traverser la ligne de partage qui sépare son cours supérieur du littoral ; à partir de ce coude, elle descend directement du N. au S. jusqu'à la mer. Dans la partie moyenne de son cours, la rivière de Moindou est séparée de celle de la Foni-Oenho par une chaîne de collines schis-

teuses, dont le sommet principal est le Mé-Aohdo. Cette chaîne, qui est dirigée de l'est à l'ouest, s'appuie à l'est sur le massif de Farino; à l'ouest elle se rattache, au-dessus du coude de la rivière, à la grande ligne de faîte qui sépare le bassin de la Foni-Oenho du littoral.

Toute cette contrée est très-accidentée et très-difficile à parcourir. Elle est de plus couverte d'une épaisse végétation qui ne permet d'observer qu'à de rares intervalles la constitution géologique du sol. Les éléments nous manquent donc pour tracer exactement les contours des formations géologiques dont se compose cette région. Nous avons seulement indiqué sur le croquis (*fig.* 4, Pl. IX) les différents points d'affleurement des couches charbonneuses par des traits représentant leur direction, et nous y avons tracé d'une manière approximative les limites de la formation carbonifère.

Une première bande de terrains carbonifères s'étend du S.-E. au N.-O., sur les deux rives de la rivière du Moindou, depuis la route de Kanala jusqu'au delà des crêtes qui limitent le bassin de la Foni-Oenho. Ces terrains sont formés principalement de grès arénacés à ciment feldspathique, orientés au N. 30° E., et plongeant vers le N.-E. A l'est, ils viennent butter contre un puissant massif de serpentines auquel appartiennent le mont Menhou et la montagne de Farino. A l'ouest ils s'appuient sur des bancs de tufs mélaphyriques surmontés par des lambeaux de couches triasiques. Ces couches triasiques sont principalement développées sur le littoral. Nous avons vu que dans la presqu'île de Téremba, les couches à *Monotis Richmondiana* forment le sommet des monticules, et qu'elles reposent sur des couches métamorphiques dont le caractère triasique est révélé par la présence de la *Spirigera Wreyi* et du *Mytilus problematicus.* Jusqu'à une certaine distance vers l'ouest au delà de l'embouchure de la rivière de Moindou, les mamelons qui bordent la côte sont formés par des

couches à *Monotis Richmondiana*. Plus loin, dans la presqu'île de Mé-Oenné, à environ 19 kilomètres d'Ourail, on voit apparaître sur la côte des roches de calcaire siliceux cristallin analogues à celles de la roche Mauprat et de Jenghen; ces calcaires émergent au milieu des schistes feldspathiques, mais nous n'avons pu observer exactement les conditions du contact de ces deux formations.

Sur la rive gauche de la rivière de Moindou, ce cordon de collines triasiques est séparé des terrains carbonifères par une plaine ondulée recouverte de végétation. Il est impossible d'y distinguer la nature et le mode de superposition des couches, qui sont généralement formées de schistes argileux ou marneux plus ou moins altérés près de la surface et métamorphisés au contact des mélaphyres; mais au-dessus de cette plaine s'avancent des contre-forts, détachés de la chaîne qui s'étend de l'est à l'ouest depuis le mont Menhou jusqu'au-dessus du village du Grand-Moindou; à leur extrémité méridionale, ils se terminent par des proéminences telles que le Mé-Oualib et le Mé-Oayoli. En suivant la ligne de faîte de ces contre-forts du N. au S., on traverse d'abord des grès arénacés ou schisteux imprégnés de concrétions ferrugineuses qui forment la base des terrains carbonifères; puis, en contact immédiat avec ces grès, se trouvent des bancs de tuf mélaphyrique coquillier. Ces tufs coquilliers, dont les sommets Mé-Oualib et Mé-Oayoli sont entièrement formés, sont identiques d'aspect aux bancs analogues dont nous avons signalé la présence à l'île Ducos au-dessous des couches triasiques. (Comparer les échantillons 169 et 170 aux échantillons 144 et 145.) Ils sont disposés en grandes dalles dirigées au N.-O.=S.-E. et plongeant au S.-O., en concordance avec les grès carbonifères. Sur la rive droite de la rivière de Moindou, ces tufs mélaphyriques affleurent sur toute la ligne de faîte qui s'étend depuis le village du Grand-Moindou jusqu'au village de Moméa; sur le versant septentrional

de cette chaîne, sur la rive droite du petit ruisseau de Foni-Toudé, on rencontre des schistes fusibles métamorphiques caractérisés par des empreintes de *Monotis Richmondiana* (échantillon 172). Les couches triasiques se trouvent donc ici intercalées entre les tufs mélaphyriques et les grès carbonifères.

Les serpentines percent en quelques points de cette zone au milieu des couches triasiques. On peut notamment les voir affleurer sur la rive gauche de la Moindou, auprès du village de Pavou; on en rencontre aussi des cailloux roulés dans le lit de la Foni-Toudé, sur la rive gauche de la Moindou. — Nous n'avons pu observer le contact des schistes ou des tufs mélaphyriques avec ces îlots de serpentines.

Des couches de charbon nombreuses et puissantes affleurent en un grand nombre de points de la région que nous venons de définir. Pendant notre séjour dans la colonie, des travaux de reconnaissance ont été exécutés sur ces affleurements par l'administration locale et par divers explorateurs dans la zone comprise entre la route de Kanala et la rivière de Moindou; aucun travail de recherches n'a été exécuté sur la rive droite de la Moindou; nous n'avons pu qu'explorer cette dernière région en recueillant les indications que l'on peut observer à la surface; enfin nous n'avons pu pousser nos explorations au delà de la ligne de partage qui borne le bassin de la Moindou; la formation carbonifère se prolonge sans doute de ce côté dans le bassin de la Foni-Oenho, et jusque dans celui de la rivière de Bourail; mais, dans les conditions actuelles, cette région serait trop éloignée du littoral et trop difficile à aborder pour qu'une exploitation de houille pût s'y développer.

Le champ d'exploration étant ainsi défini, nous avons à rendre compte en détail des résultats fournis par ces travaux de reconnaissance.

En considérant sur le croquis les traces des affleurements

de charbon sur la rive gauche de la rivière de Moindou, on peut remarquer qu'ils forment deux lignes distinctes qui convergent au point M, siége des travaux de recherches entrepris par l'administration au sixième kilomètre de la route d'Ourail à Kanala. L'une de ces lignes se dirige au N.-O., sur le versant méridional de la chaîne qui sépare du littoral le bassin supérieur de la Moindou; elle coupe la ligne de faîte au point B, puis elle descend sur l'autre versant en traversant une série de contre-forts jusqu'au point O, à partir duquel elle s'infléchit vers l'ouest en suivant la vallée de la Moindou. Une autre série d'affleurements s'échelonne suivant une ligne brisée du point M au point J sur le versant méridional de cette même chaîne. Nous avons à décrire successivement chacun de ces points d'affleurements.

La *fig.* 1, Pl. X, représente les affleurements mis en évidence au point M par les travaux de construction de la route d'Ourail à Kanala. Les couches de charbon affleurent au milieu de grès blancs arénacés à ciment feldspathique, teintés en rouge par un réseau de veines ferrugineuses; ces grès sont en partie kaolinisés et sans apparence de stratification distincte. Comme l'indique ce croquis, on peut compter cinq couches distinctes séparées par des grès arénacés. Au mur de la petite couche inférieure se trouve un banc d'un mètre d'épaisseur formé de schistes ferrugineux brunis, à éclat résineux, divisés en grandes écailles conchoïdales. Au mur et au toit de tout ce système, on distingue deux lits d'argiles feuilletées bleues, très-fragiles. Les couches de charbon, dont l'une atteint 6 mètres de puissance, sont extrêmement impures. Elles sont formées en majeure partie de schistes argileux et ferrugineux très-contournés, qui englobent des veines ou des nodules de charbon terreux et friable. D'ailleurs ces couches, dont la direction est au N.-O.=S.-E., et qui plongent vers le N.-E., viennent butter à peu de distance du point M contre la formation serpentineuse. Pour avoir l'espoir de les rencontrer

dans des conditions favorables à leur exploitation, il faut fuir le voisinage du massif éruptif et rechercher leur prolongement dans la direction du nord-ouest.

Pour nous assurer de la continuité des couches dans cette direction, nous avons fait ouvrir une tranchée à 150 mètres environ au nord-ouest des affleurements que nous venons de décrire. Cette tranchée, dirigée au N. 40° E., perpendiculairement à la direction présumée des couches, a fourni une coupe représentée par la *fig.* 2, Pl. X.

On a rencontré successivement, au milieu des grès arénacés :

1° Une couche de 1^{m},20 de puissance, formée de charbon impur, mélangé de schistes ferrugineux;

2° Au toit de cette couche et à environ 2 mètres d'intervalle, un lit d'argiles violacées onctueuses au toucher, qui contiennent des traces de charbon et des débris de plantes et de coquilles, identiques à ceux que nous avons rencontrés dans un lit d'argiles analogues à l'entrée de la presqu'île de Nouméa;

3° A 10 mètres d'intervalle, un puissant affleurement de charbon sans stratification distincte, sur environ 5 mètres d'épaisseur.

Un puits, foncé au toit de ce dernier affleurement, a atteint une profondeur de 8 mètres. Sur la face nord-sud de ce puits, représentée par la *fig.* 3, Pl. II, on relève la coupe suivante :

4^{m},00 de terre végétale mélangée de charbon.
0^{m},45 de charbon compacte.
1^{m},00 de grès.
2^{m},50 d'argiles ferrugineuses mélangées de charbon, au mur et au toit desquelles on distingue deux bancs de charbon compacte de 0^{m},30 et 0^{m},40 de puissance.

Cette dernière couche repose sur le grès. Le charbon est encore de mauvaise qualité, terreux et friable.

Tout ce système est dirigé au N. 30° O., et plonge vers le N.-E. en faisant un angle de 45° avec l'horizon. En prolongeant la tranchée vers le N.-E., on doit s'attendre à trouver une seconde série d'affleurements représentant les couches supérieures de la série représentée par la *fig.* 1.

En suivant vers le N.-O. le prolongement des couches carbonifères, nous rencontrons de nouveau, en A, la trace des affleurements de charbon. Une tranchée a été ouverte en ce point et a fourni la coupe représentée par la *fig.* 4, Pl. X. Les couches sont nombreuses, mais encore irrégulières, et fréquemment interrompues par des joints de grès et d'argiles violacées. Le charbon est très-terreux et friable, il tombe en poussière à l'air.

De A en B les couches sont très-voisines de la formation serpentineuse. Au sommet de la ligne de faîte, en B, au milieu de grès ferrugineux et d'argiles grises feuilletées, on voit affleurer des couches de charbon profondément ravinées et bouleversées par les érosions, et dont les affleurements sont trop confus pour que l'on puisse distinguer nettement leur nombre et leur importance.

A partir de ce point B, la ligne d'affleurement du charbon paraît être déviée vers l'ouest, et elle s'éloigne par conséquent de la formation serpentineuse. Une tranchée, ouverte au point P, sur la crête d'un des contre-forts qui descendent vers la vallée de Moindou, a mis ces affleurements en évidence et a fourni la coupe représentée par la *fig.* 5, Pl. X. La direction des couches est à 90°; elles plongent vers le N. en faisant un angle de 45° avec l'horizon. La stratification de la couche principale est encore irrégulière, et elle se compose d'alternances de veines de charbon et de grès ferrugineux. Les autres couches sont très-minces; mais leur toit et leur mur sont bien nets, elles sont au contact de grès et d'argiles brunes ferrugineuses très-compactes. A son extrémité méridionale, cette tranchée, qui ne donne qu'une coupe incomplète, se ter-

mine au milieu de schistes ferrugineux d'environ 2 mètres d'épaisseur au delà desquels on voit encore à la surface des affleurements de charbon.

Sur la face O. de ce même contre-fort, un ravin très encaissé descend vers la rivière de Moindou. Au fond de ce ravin, on voit le charbon affleurer en plusieurs points dans le lit du ruisseau, au milieu de grès durs à grain très-fin et à ciment calcaire. On peut distinguer nettement deux veines de charbon assez pur, l'une de $0^m,30$, l'autre de $0^m,45$ d'épaisseur, encaissées dans des argiles brunes et ferrugineuses, à éclat résineux. Les autres affleurements, qui sont assez nombreux, sont masqués par les blocs de grès roulés par le ruisseau, et ils sont trop confus pour pouvoir être décrits.

Au pied de ce ravin, à l'entrée de la vallée de la Moindou et à 150 mètres environ de la rivière, le charbon a été rencontré au point O, dans des conditions très-remarquables qui sont représentées par la *fig.* 6. Une tranchée orientée à 120° a été ouverte dans le flanc de la montagne par trois gradins de 3 mètres de hauteur sur une longueur de 10 mètres, avec un front d'attaque de 3 mètres environ de largeur; après avoir traversé une petite épaisseur de grès arénacés, cette tranchée se trouve en plein dans le charbon. Sur la paroi du dernier gradin, on atteint les argiles ferrugineuses qui forment le toit de la couche. La couche se trouve dégagée sur une trop faible étendue pour qu'on puisse déterminer exactement sa direction qui paraît être aux environs de 100°; son épaisseur atteint 6 mètres. Sauf deux joints d'argiles plastiques qui la traversent, la masse du charbon est parfaitement saine. Malgré son bon aspect, la qualité du charbon est toutefois encore défectueuse; il est extrêmement friable et très-maigre; il brûle très-difficilement, sans flammes, et ne donne pas de coke; mais on peut attribuer ces mauvaises qualités au voisinage immédiat de la surface.

A 500 mètres plus loin vers l'O., au point T, les affleurements de charbon ont été de nouveau mis en évidence par une tranchée ouverte à quelques mètres du bord de la rivière. Ces affleurements sont représentés en coupe par la *fig.* 7, Pl. X. On y voit affleurer, au-dessous des grès arénacés, une puissante formation de charbon, alternant avec des argiles ferrugineuses. Il faudrait prolonger cette tranchée vers le N.-O. pour avoir une coupe complète de la série des couches. En ce point la direction des couches se trouve complétement modifiée. Elles sont dirigées du N.-E. au S.-O., et elles plongent vers le S.-E., en faisant un angle de 45° avec l'horizon. Il faut sans doute attribuer cette irrégularité de stratification à un accident local et peut-être au voisinage d'une série de failles dirigées du N.-E. au S.-O., qui, comme nous le verrons, traversent probablement toute la formation carbonifère de cette région.

A l'O. de ce point, et jusqu'au coude de la rivière de Moindou, aucun travail de recherches n'a été exécuté à notre connaissance; mais on y a rencontré des traces d'affleurements de charbon au fond de tous les ravins. Tout porte donc à croire que les puissantes couches de charbon découvertes au point O et au point T se prolongent dans toute la vallée en aval de ces points, parallèlement au cours de la rivière.

Avant de passer sur la rive droite de la Moindou, il nous reste à parler de l'autre série d'affleurements de charbon, qui s'échelonne au S. de celle que nous venons de décrire, et qui occupe le versant méridional de la ligne de partage qui s'étend depuis le sommet Mé-Nhou jusqu'au-dessus du coude de la rivière de Moindou. Nous avons vu qu'à l'E. du point B cette chaîne se compose de roches serpentineuses qui constituent entièrement le massif du mont Mé-Nhou. A l'O. de ce point B, au contraire, elle est tout entière formée par des grès en roches compactes très-dures, à grain très-fin et à ciment calcaire, représentés par l'échantillon 190.

En explorant le lit des ruisseaux qui descendent au fond de gorges étroites et escarpées sur le versant méridional de cette chaîne, on rencontre dans chacun d'eux une nombreuse série d'affleurements charbonneux. Dans le lit du ruisseau qui descend du point G, nous avons compté dix points d'affleurements. Les couches de charbon ont 0m,20 à 0m,30 de puissance; elles sont impures et mélangées d'argiles ferrugineuses. L'une de ces couches, qui a été mise à découvert au point G, à 20 mètres environ au-dessous de la crête, a 0m,40 de puissance; elle est dirigée au N. 50° O., et elle plonge vers le N.-E., en faisant un angle de 45° avec l'horizon. La direction de tous les affleurements varie du N. 60° O. à N. 50° O.; tous plongent vers le N.-E. en s'enfonçant dans le flanc de la montagne. Les couches charbonneuses sont en contact avec des bancs de grès compactes entre lesquels elles semblent avoir été comprimées; ce sont des grès durs et à grain fin, de texture semi-cristalline, et donnant par l'acide une légère effervescence; ils sont stratifiés en bancs réguliers et coupés par des failles dirigées E.-O. et plongeant au S., remplies d'un ciment ferrugineux; ces failles coupent obliquement les couches de charbon qu'elles paraissent rejeter au S. On peut observer des phénomènes identiques dans chacun des ravins sur tout le flanc de la montagne.

Au pied de la chaîne, le terrain carbonifère s'étend encore sur une certaine largeur jusqu'aux tufs mélaphyriques et aux roches métamorphiques sur lesquels il s'appuie. Tous les travaux de recherches exécutés de ce côté se réduisent à des trous creusés à quelques mètres de la surface, aux points D, E et H. La *fig.* 9 donne la coupe fournie par un puits foncé au point D jusqu'à 4 mètres de profondeur. Les couches sont dirigées à 80° et plongent au N. en faisant un angle de 40° avec l'horizon. Elles sont formées de charbon terreux au milieu d'argiles ferrugineuses et d'argiles friables et onctueuses, qui contien-

nent des débris fossiles. Au point E, un trou de quelques mètres de profondeur met en évidence des argiles rouges et ferrugineuses, qui sont tachées de charbon, mais au milieu desquelles n'apparaît aucune couche distincte dont on puisse déterminer la puissance et la direction. Au point H, au pied du ravin que nous avons décrit plus haut, une excavation analogue met à découvert une couche de charbon de $0^m,20$ de puissance en contact immédiat avec des grès kaolinisés à retrait prismatique, dirigés à 140°, et plongeant vers le N.-E. avec une forte inclinaison. Enfin au point C, sur la crête d'un mamelon dénudé qui est formé de grès arénacés imprégnés de concrétions ferrugineuses, on peut observer à la surface des traces de charbon au milieu d'argiles violettes, friables et onctueuses au toucher.

Pour en finir avec cette région, il nous reste à signaler des affleurements de charbon assez remarquables qu'on peut observer à l'extrémité même de la chaîne près de la rivière de Moindou. La chaîne de montagnes se termine au-dessus de la rivière par un grand glacis très incliné, sur les pentes gazonnées duquel affleurent des grès en roches compactes, de texture semi-cristalline; sur ce versant au point J, on peut voir à la surface, au milieu d'argiles ferrugineuses, d'importants affleurements de charbon, dont la trace descend sur le flanc de la montagne à peu près suivant sa ligne de plus grande pente. Ces couches paraissent être importantes et de bonne qualité; mais la surface du sol est trop bouleversée pour qu'on puisse juger exactement de leur épaisseur. Elles sont dirigées à 80° et plongent au N. Elles semblent donc être le prolongement des couches puissantes que nous avons décrites aux points O et T. Au-dessous du point J, émergent rois autres petites couches d'argiles charbonneuses, au milieu de bancs de grès compactes. Un peu plus au N., au bord même de la rivière, on a mis à découvert au

point K des argiles ferrugineuses teintées de charbon et plongeant au N.-E.

Nous avons achevé l'examen des affleurements de charbon que nous avons pu observer sur la rive gauche de la rivière de Moindou; ceux qui s'étagent sur le versant méridional de la chaîne qui sépare du littoral le cours supérieur de la rivière de Moindou plongent uniformément vers le N.-E., et au premier abord ils semblent appartenir à une nombreuse série de couches qui se superposeraient sur une grande épaisseur; les affleurements que nous avons suivis du point M au point O représenteraient alors les étages supérieurs de cette puissante formation. Mais il est impossible, avec les données actuelles, de décider si ces couches sont distinctes et si tous ces affleurements échelonnés ne présentent pas plutôt les lambeaux d'un même système de couches, découpées par une série de failles en gradins qui seraient dirigées de l'E. à l'O. en plongeant au S. La configuration du terrain, aussi bien que l'aspect des couches de charbon sur le versant méridional de la chaîne, paraissent justifier cette supposition. Or, dans cette hypothèse, on ne pourrait évidemment pas considérer ces lambeaux de couches comme utilement exploitables. Il faudrait sans doute encore faire peu de cas de la portion comprise entre les points M et B, à cause du voisinage immédiat de la formation serpentineuse. On devrait donc prendre comme champ de recherches les couches dont nous avons suivi les affleurements du point B au point O. Si, comme on peut l'espérer d'après les beaux affleurements découverts au bord de la rivière de Moindou, ces couches prennent de la régularité en profondeur tout en conservant leur puissance, on aurait encore là un massif de charbon considérable au-dessus du niveau de la vallée et dans des conditions d'exploitation favorables. Ces questions, encore douteuses, devraient être résolues par des travaux de recherches convenables avant toute tentative d'exploitation.

Comme nous l'avons dit, le prolongement de cette formation carbonifère sur la rive droite de la Moindou n'est connu que par ses affleurements apparents à la surface du sol. Aucun travail de recherches n'y a été exécuté. Les terrains carbonifères reposent sur les couches triasiques métamorphisées à *Monotis Richmondiana* qui affleurent sur la rive droite de Foni-Toudé.

Au fond même de la vallée de Foni-Toudé, on peut observer à la surface au milieu des grès plusieurs lits d'argiles ferrugineuses mélangées de charbon. L'arête du contre-fort qui sépare la Foni-Toudé de la Foni-Roï est coupée par huit lignes d'affleurements d'argiles charbonneuses, sensiblement dirigées du N.-O. au S.-E. parallèlement à la vallée. Le prolongement de ces affleurements charbonneux a été mis à nu au point R, sur le cours inférieur de la Foni-Roï.

On observe encore des affleurements d'argiles charbonneuses en un grand nombre de points de la ligne de faîte qui borne le bassin de la Moindou au-dessus de la vallée de Foni-Roï et entre cette vallée et celle de Foni-Kaé. Tous ces affleurements sont dirigés du N.-E. au S.-O. Ils se prolongent dans la direction du N.-O., sur les crêtes des contre-forts qui séparent les affluents de la rivière de Foni-Oenho.

Au point S, à la tête de la vallée de Foni-Koé, les affleurements de charbon sont considérables. On peut observer quatre couches distinctes ayant chacune environ $0^{m},50$ de puissance aux affleurements. Elles sont dirigées à 140° et elles plongent vers le N. en restant très-voisines de la verticale. Le prolongement de ces couches vers le S.-E. a été retrouvé au-dessous du point S au fond de la vallée de Foni-Koé. Vers le N.-O., on peut suivre les affleurements de charbon à partir du point S sur une longue crête qui se prolonge à la tête de la vallée de Foni-Oenho, jusqu'au-dessus du bassin de la rivière de Bourail. Toute cette

crête est très-ravinée, et les affleurements des couches y sont trop bouleversés pour qu'on puisse les observer d'une manière distincte. Nous avons cependant pu compter jusqu'à sept couches de charbon. Tout le système est dirigé au N. 50° O. et plonge vers le sud avec une inclinaison voisine de la verticale. Les trois couches inférieures sont bien distinctes et régulièrement stratifiées au milieu des grès. Elles ont, l'une 0m,40, les deux autres 1 mètre d'épaisseur, ce qui donne 2m,40 de charbon sur une épaisseur totale de grès et charbon d'environ 5 mètres. Les quatre couches supérieures, séparées des premières par un intervalle de grès de 4 ou 5 mètres, sont plus confuses; elles sont intercalées dans un banc puissant d'argiles ferrugineuses friables; leur épaisseur moyenne est d'environ 0m,40.

En résumé, nous avons observé sur la rive droite de la rivière de Moindou, dans l'espace compris entre la vallée de Foni-Toudé et le sommet Mé-Aohdo et sur ce sommet lui-même, de nombreux affleurements de charbon; mais ces observations, faites à la surface, ne permettent pas de distinguer les couches et de les classer de manière à déterminer le nombre des couches distinctes et leur importance.

Couches carbonifères de la montagne de Moméa. — Nous avons représenté sur le croquis (*fig.* 4, Pl. IX) une seconde zone de terrains carbonifères, située à l'ouest de la première, entre le village de Nouméa et le sommet Mé-Aoué. Nous avons remarqué qu'en ce point la ligne de partage qui sépare du littoral le bassin de Foni-Oenho est brusquement interrompue et rejetée vers le sud. Les deux tronçons de cette ligne de faîte, dont l'un se termine près du village de Moméa, tandis que l'autre part du sommet de Mé-Aoué, sont formés de tufs mélaphyriques bréchoïdes et coquilliers. L'intervalle qui les sépare est occupé par une bande de grès carbonifères qui s'étend du S.-E. au N.-O. Cette bande de grès carbonifères, découpée perpendiculairement

à sa direction par des vallées tributaires de la Foni-Moméa, forme entre le village de Moméa et le sommet Mé-Aoué, une série de collines qui séparent le bassin de la Foni-Moméa de celui de la Foni-Oenho.

Vers le sud-est, on peut suivre le prolongement de ces grès carbonifères jusqu'à l'extrémité d'un contre-fort, qui descend de V en Z entre deux affluents de la Foni-Moméa; de ce côté cette formation est limitée à peu de distance du point Z, où l'on observe les derniers affleurements d'argiles charbonneuses au milieu des grès. En effet, on n'en trouve plus de traces sur la route d'Ourail à Bourail. Vers le N.-O., la formation carbonifère se prolonge sur une série de crêtes dénudées jusque dans le bassin de la Foni-Oenho; elle a été suivie jusque sur la rive droite de cette grande rivière.

La direction constante de ces couches carbonifères est au N.-O.=S.-E.; elles plongent alternativement vers le N.-E. et le S.-O. en restant très-voisines de la verticale; au N. du village de Moméa, dans une vallée affluente de la Foni-Oenho, nous avons rencontré les couches triasiques à *Monotis Richmondiana*, sous la forme de schistes marneux non métamorphisés, au contact immédiat des grès carbonifères.

On rencontre dans cette zone de nombreux affleurements de charbon; ils ont été mis en évidence par quelques travaux de reconnaissance, qui sont encore bien insuffisants pour définir d'une manière exacte l'allure de cette formation.

La *fig.* 10, Pl. X, représente une coupe fournie par une tranchée ouverte au point U. Deux couches de charbon de $0^{m},40$ d'épaisseur sont intercalées dans des argiles ferrugineuses; le mur est formé par des grès arénacés, le toit par des argiles feuilletées. A quelque distance au sud de ce point, on peut encore observer à la surface des traces d'argiles ferrugineuses mélangées de charbon; mais ces

affleurements n'ont pas été mis à nu et l'on ne peut apprécier leur importance. La direction des couches est au N. 50° O. Elles plongent au N.-E. en faisant un angle de 65° avec l'horizon.

Au N.-O. de ce point, au point V, on rencontre des affleurements de charbon considérables; ils émergent sur une ligne de faîte profondément ravinée, où le sol a été remanié par les eaux, de sorte qu'on ne peut observer distinctement le nombre et l'ordre de succession des couches. Les travaux de reconnaissance, exécutés en ce point par une société de recherches en vue d'une demande en concession, se réduisent à une fouille de quelques mètres de profondeur pratiquée au point V, au sommet de la ligne de faîte, et à une tranchée ouverte au point Y dans une des vallées transversales. Les *fig.* 11 et 12, Pl. X, représentent les coupes relevées au point V, aux deux extrémités d'une tranchée de 10 mètres de longueur tracée suivant la direction des couches. La *fig.* 11 met en évidence une couche de charbon de 2^m,45 d'épaisseur totale (y compris 0^m,30 d'argiles ferrugineuses), régulièrement stratifiée, et intercalée dans des argiles violettes écailleuses et contournées. Au toit de cette première couche, on distingue sur le flanc de la montagne, à quelques pieds au-dessus de la tranchée, les affleurements de trois autres veines charbonneuses de 0^m,30 de puissance; à l'autre extrémité de la tranchée (*fig.* 12), ces trois petites couches sont réunies à la couche principale; le tout forme une masse de charbon de 2^m,40 d'épaisseur totale, non compris trois lits d'argiles ferrugineuses qui y sont intercalés. Tout ce système est dirigé à 130°, et plonge au S.-O. en faisant un angle de 70° à 80° avec l'horizon.

D'après ces observations faites près de la surface, les couches paraissent donc avoir une assez grande épaisseur; mais leur stratification n'est pas régulière ni leur constitution uniforme, et l'épaisseur des joints stériles qu'elles ren-

ferment varie considérablement à quelques mètres de distance.

Il faudrait, pour se faire une opinion sur la qualité de ces couches, les observer à un niveau inférieur, dans les vallées transversales qui coupent la formation carbonifère. C'est dans ce but qu'une tranchée a été ouverte en Y ; malheureusement elle n'a pas été poussée à une profondeur suffisante pour donner aucune indication utile.

Au nord de cette ligne d'affleurements, on observe des affleurements d'argiles charbonneuses dans le lit des affluents de la Foni-Oenho; et à peu de distance on rencontre les couches à *Monotis Richmondiana* sur lesquelles repose la formation carbonifère.

En résumé les affleurements de charbon de la montagne de Moméa manifestent la présence de couches puissantes, mais encore bien incomplétement définies. Ces couches présentent les mêmes caractères que celles que nous avons décrites dans le bassin de la Moindou, sans toutefois qu'il y ait continuité entre ces deux gisements. Nous ne sommes pas en mesure de dire si les deux zones de terrains carbonifères que nous venons de décrire forment deux bandes parallèles et distinctes sur les deux versants d'une ligne de soulèvement dirigée au N.-O.=S.-E., ou si au contraire on doit les considérer comme les deux tronçons d'une même ligne, séparés par une grande faille N.-S. dont la face occidentale aurait été rejetée au sud. Le développement des travaux de recherches permettra sans doute dans un avenir prochain de trancher cette question.

Valeur industrielle des gisements houillers d'Ourail. Conditions économiques de l'exploitation du charbon en Nouvelle-Calédonie. — Pendant notre séjour en Nouvelle-Calédonie, nous avons été appelé à formuler un avis au sujet d'une demande en concession des gisements de charbon que nous venons de décrire.

A notre avis, cette demande en concession était prématurée ; les travaux de reconnaissance dont nous venons de rendre compte sont tout à fait insuffisants ; ils laissent indécises un certain nombre de questions sur lesquelles il serait nécessaire d'être préalablement fixé, à savoir : d'une part l'ordre de succession des couches sur la rive gauche de la rivière de Moindou, ainsi que les relations qui existent entre les couches qui affleurent du point M au point O et celles dont les affleurements s'échelonnent au-dessous des premières sur la face méridionale de la montagne ; d'autre part, le nombre des couches distinctes et leur allure sur la rive droite de la Moindou. Il faudrait de plus s'assurer, par une recherche en profondeur, qu'en s'éloignant de la surface les couches acquièrent de la régularité et de l'uniformité tout en conservant leur puissance. Enfin il faudrait avant tout savoir quelle sera la qualité du charbon à quelque distance des affleurements. Le charbon recueilli jusqu'à présent près de la surface est de qualité très-inférieure, maigre, friable, tombant en poussière lorsqu'il reste exposé à l'air. Deux échantillons de charbon, provenant, l'un (A) des couches puissantes mises à nu en O près de la rivière de Moindou, l'autre (B) du bassin de la Moméa, ont été analysés au bureau d'essai de l'École des mines et ont donné les résultats suivants :

		A	B
	Matières volatiles. . . .	36,00	26,40
	Carbone fixe.	62,60	29,20
Cendres. . .	Ferrugineuses pour A. . Argileuses pour B. . . .	1,40	44,40
		100,00	100,00

Ces deux combustibles brûlent avec très-peu de flamme, en répandant une odeur particulière un peu aromatique qui ne rappelle ni celle de la houille ni celle du lignite. Ils ne décrépitent pas au feu, et ils ne donnent pas de coke aggloméré.

Supposons toutes ces questions préalables résolues dans un sens favorable. Dans quelles conditions économiques pourrait-on, dans cette hypothèse, entreprendre l'exploitation de ces gisements? Et d'abord, quels pourraient être les débouchés des produits de l'exploitation? Le charbon consommé actuellement en Nouvelle-Calédonie provient des mines de Newcastle dans la Nouvelle-Galles du Sud. Il ne revient pas à moins de 45 francs par tonne sur le quai de Nouméa. Ce chiffre est élevé, mais la consommation de la colonie est encore relativement faible. Dans les deux années 1872 et 1873, les services publics de la colonie ont consommé :

En 1872.	3.002	tonnes de charbon.
En 1873.	4.003	—

En évaluant à 1.000 tonnes la consommation actuelle de l'industrie privée, on ne peut donc estimer à plus de 5.000 tonnes le chiffre de la consommation intérieure de la colonie. Assurément cette consommation est destinée à s'accroître. La multiplication des services de transport sur les côtes, la création d'industries nouvelles, le développemeut de l'exploitation des mines créeront des besoins nouveaux. Il serait cependant imprudent d'étudier les conditions de l'entreprise en vue de ces ressources éventuelles. Dans l'état de choses actuel, la consommation intérieure de la colonie nous paraît insuffisante pour absorber les produits d'une mine de houille, car celle-ci ne peut vivre qu'à la condition de répartir ses frais de premier établissement sur une production totale suffisante.

On devrait donc chercher à exporter une certaine quantité de charbon de la Nouvelle-Calédonie, en l'offrant comme fret de retour aux navires français ou australiens qui quittent la colonie sur lest. Le nombre des navires français qui visitent la Nouvelle-Calédonie s'est élevé en 1873 à 19 navires, appartenant tous au port de Bordeaux, et ayant

un tonnage moyen de 300 tonnes. Nous croyons savoir que ce nombre est aujourd'hui presque doublé. Ces navires quittent Nouméa sur lest; et ils vont en général sur la côte d'Australie à Newcastle, pour y prendre un chargement de charbon en destination de l'Australie du Sud ou des mers de Chine. Ils prennent à Nouméa un demi-chargement de lest, à raison de 7f,50 la tonne; la houille leur est livrée à bord à Newcastle aux environs de 16 schellings la tonne; en tenant compte de leurs frais de voyage et de séjour à Newcastle, nous ne pensons pas qu'on puisse leur offrir du charbon de Nouvelle-Calédonie à un prix supérieur à 25 ou 26 francs la tonne rendue sous vergues sur rade d'Ourail.

Il en est de même des navires qui viennent de l'Australie du Sud, de la Nouvelle-Galles du Sud, ou de Queensland à Nouméa, avec des chargements de farine ou de bétail, et dont l'ensemble représente un tonnage annuel d'environ 15.000 tonnes.

Pour s'assurer ces débouchés, à qualité de charbon égale, les exploitants de houille en Nouvelle-Calédonie devront se contenter d'un prix d'environ 40 francs par tonne pour la consommation intérieure, et de 25 francs par tonne seulement pour l'exportation. Ce prix devrait couvrir, outre les frais d'exploitation, les frais de transport à la mer. Or, si nous supposons le siége de l'exploitation établi dans le bassin supérieur de la rivière de Moindou (et c'est là que les conditions paraissent être les plus favorables), nous ne pouvons évaluer à moins de 7 à 8 francs par tonne la somme des frais de transport jusqu'à la rivière, et des frais de chalandage sur la rivière et en mer jusqu'à bord des navires qui ne peuvent mouiller à moins d'un mille de la côte; nous comprenons dans cette somme l'intérêt des frais d'établissement et d'achat du matériel, répartis sur une production annuelle de 15.000 tonnes. Il reste pour les frais d'exploitation une

bien faible marge, eu égard à la situation actuelle de la Nouvelle-Calédonie, au prix élevé de la main-d'œuvre, à la difficulté des approvisionnements, et à toutes les dépenses à prévoir pour frais de premier établissement.

Nous estimons donc en résumé : en premier lieu, que la possibilité d'exploiter les gisements de charbon en Nouvelle-Calédonie, et particulièrement sur le territoire d'Ourail, est subordonnée aux résultats de travaux de recherches à entreprendre sur les points que nous avons désignés, résultats que rien ne permet actuellement de prévoir ; en second lieu, qu'en supposant les circonstances les plus favorables, l'exploitation du charbon en Nouvelle-Calédonie serait une entreprise des plus aléatoires. La Nouvelle-Calédonie contient des gisements de charbon étendus, c'est un fait acquis. Mais en admettant que ces gisements soient de bonne qualité, et assez réguliers pour donner lieu à une exploitation entreprise dans des conditions favorables, ce que nous ignorons encore, on doit les considérer comme une réserve pour l'avenir, plutôt que comme devant faire l'objet d'une exploitation immédiate.

ROCHES ET MINERAIS DE NOUVELLE-CALÉDONIE

Déposés à l'exposition permanente des colonies, et dont il est fait mention au cours de ce Rapport

I.

Terrains anciens et métamorphiques du nord de l'île; roches et minerais qui leur sont associés.

Nos	DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	ORIGINE.
1	Micaschiste en roche compacte saccharoïde avec cristaux de glaucophane.	Oubatche.
2	Micaschiste avec cristaux de glaucophane, bloc roulé dans la rivière de Pohieu.	Oubatche.
3	Micaschiste avec grenats et pyrite magnétique.	Oubatche.
4	Roche de glaucophane avec chlorite et grenats.	Oubatche.
5	Micaschiste avec veines de quartz.	Oubatche.
6	Fer oligiste dans du quartz.	Oubatche.
7	Micaschiste avec glaucophane.	Sommet de la crête qui sépare la vallée du Diahot de Balade.
8	Micaschiste avec talc et glaucophane.	Sommet de la crête qui sépare la vallée du Diahot de Balade.
9	Talcoschiste fibreux avec un peu de glaucophane.	Crête qui sépare la vallée du Diahot de Balade.
10	Talc en masse.	Crête qui sépare la vallée du Diahot de Balade.
11	Talc en masse.	Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
12	Schistes talqueux avec glaucophane, altérés.	Oubatche,
13	Schistes talqueux avec glaucophane, altérés.	Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
14	Roche de glaucophane avec grenats.	Oubatche.
15	Roche de glaucophane, épidote et grenats.	Blocs roulés dans le ruisseau des mines de Balade.
16	Roche de glaucophane et d'épidote.	Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
17	Schiste serpentineux.	Crêtes qui dominent la vallée du Diahot au S.-E. de Manghine.
18	Schiste amphibolique avec talc.	Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
19	Micaschiste avec glaucophane et grenats.	Chaîne qui sépare la vallée du Diahot de Balade.
20	Micaschiste talqueux avec glaucophane.	Voisinage des roches amphiboliques. — Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
21	Veines d'amphibole bacillaire.	Dans les micaschistes quartzeux (Oubatche).
22	Amphibole actinote bacillaire.	Oubatche.
23	Amphibole actinote bacillaire.	Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
24	Schiste micacé et amphibolique avec grenats.	Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
25	Schiste micacé avec glaucophane.	Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
26	Micaschiste avec glaucophane.	Rivière de Ouégoa. — Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
27	Talcoschiste avec beaucoup de glaucophane.	Premier point de découverte du cuivre. — Bassin du Diahot.
28	Schistes feuilletés métamorphiques avec glaucophane.	Mine de Balade. — Vallée du Diahot.
29	Schistes micacés et amphiboliques avec grenats.	En contact avec le filon pyriteux — Mine de Balade. — Vallée du Diahot.
30	Schiste micacé et amphibolique.	Mine de Balade.

Nos	DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	ORIGINE.
—	—	—
31	Quartz saccharoïde	Mine de Balade.
32	Affleurements ferrugineux du filon cuivreux	Mine de Balade.
33	Affleurements ferrugineux avec cuivre pyriteux	Mine de Balade.
34	Cuivre oxydulé et cuivre natif	Mine de Balade.
35	Cuivre oxydulé et cuivre natif	Dans les schistes micacés et amphiboliques (mine de Balade).
36	Cuivre oxydé, cuivre oxydulé et cuivre natif	Filon quartzeux dans les schistes micacés et amphiboliques. — Mine de Balade.
37	Cuivre oxydulé, cuivre natif et malachite	Mine de Balade.
38	Cuivre oxydulé et cuivre carbonaté	Mine de Balade.
39	Cuivre oxydé, cuivre carbonaté et cuivre oxydulé	Mine de Balade.
40	Filon pyriteux dans les schistes micacés	Mine de Balade.
41	Cuivre pyriteux	Mine de Balade.
42	Cuivre pyriteux en filon quartzeux	Mine de Balade.
43	Filon quartzeux dans un schiste amphibolique	Mine de Balade.
44	Cuivre sulfuré et cuivre carbonaté	Mine de Balade.
45	Cuivre oxydulé cristallisé	Mine de Balade.
46	Cuivre natif cristallisé imprégnant des schistes talqueux.	Mine de Balade.
47	Cuivre natif en lames et cristallisé	Mine de Balade.
48	Tête de filon cuivreux dans les schistes à glaucophane.	Région des mines de cuivre. — Bassin du Diahot.
49	Affleurement de la mine La Rochette	Bassin du Diahot.
50	Cuivre carbonaté et cuivre pyriteux	Mine Laraton.—Bassin du Diahot.
51	Cuivre oxydulé, sulfuré et carbonaté dans un filon quartzeux	Mine Ouégoa.—Bassin du Diahot.
52	Cuivre oxydulé, sulfuré et carbonaté	Mine de Pondolaï. — Bassin du Diahot.
53	Micaschistes friables imprégnés de cuivre natif	Mine des Soldats. — Bassin du Diahot.
54	Résidus de lavage des affleurements de la mine des Soldats	Bassin du Diahot.
55	Filon pyriteux argentifère	Oubatche.
56	Schistes feldspathiques feuilletés	Manghine. — Vallée du Diahot.
57	Schistes micacés	Manghine. — Vallée du Diahot.
58	Schistes métamorphiques imprégnés de quartz	Manghine. — Vallée du Diahot.
59	Schistes feuilletés au contact des affleurements du filon aurifère	Manghine. — Vallée du Diahot.
60	Schistes argileux au contact des affleurements du filon aurifère	Manghine. — Vallée du Diahot.
61	Schistes argileux décomposés au contact des affleurements du filon aurifère	Manghine. — Vallée du Diahot.
62	Filon aurifère. Or natif visible à l'œil nu et à la loupe.	Manghine. — Vallée du Diahot.
63	Schistes micacés imprégnés de quartz. Filon aurifère à 7 mètres au-dessous des affleurements	Manghine. — Vallée du Diahot.
64	Schistes micacés imprégnés de quartz. Filon aurifère à 7 mètres au-dessous des affleurements	Manghine. — Vallée du Diahot.
65	Schistes imprégnés de quartz, filon aurifère à 10 mètres de profondeur	Manghine. — Vallée du Diahot.
66	Schistes satinés imprégnés de quartz. En contact avec le filon aurifère à 10 mètres de profondeur	Manghine. — Vallée du Diahot.
67	Filon quartzeux et pyriteux. Filon aurifère à 25 mètres de profondeur	Manghine. — Vallée du Diahot.
68	Filon croiseur de quartz carié ferrugineux	Mines d'or de Manghine.—Vallée du Diahot.
69	Veine de quartz carié ferrugineux	Mines d'or de Manghine.—Vallée du Diahot.
70	Quartz ferrugineux. Affleurement d'un filon croiseur.	Mines d'or de Manghine.—Vallée du Diahot.
71	Schistes quartzeux métamorphiques, traversés par les travaux de recherches de la compagnie Néo-Calédonienne	Manghine. — Vallée du Diahot.
72	Filon quartzeux, travaux de recherches de la compagnie Néo-Calédonienne	Manghine. — Vallée du Diahot.
73	Schistes métamorphiques traversés par les travaux de recherches de M. Bequillet	Manghine. — Vallée du Diahot.

Nos	DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	ORIGINE.
74	Veines quartzeuses dans des schistes micacés	Massif de Manghine. — Vallée du Diahot.
75	Filons talqueux dans les schistes micacés	Massif de Manghine. — Vallée du Diahot.
76	Cuivre carbonaté en filon quartzeux	Mine Euréka. Manghine. — Vallée du Diahot.
77	Filons de pyrites et de quartz	Vallée du Diahot.
77 *bis*.	Serpentine	Montagne au-dessus de Manghine, rive gauche du Diahot.
78	Roche mélaphyrique	Crêtes qui dominent la rive gauche du Diahot.

II.

Serpentines. — Roches et minerais qui leur sont associés.

Nos	DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	ORIGINE.
79	Serpentine zonée	Cap Devert.
80	Serpentine	Kanala.
81	Serpentine grenue	Baie du Sud.
82	Serpentine fibreuse	Cap Devert.
83	Serpentine avec chrysotil	Baie des Pilotes. — Ile Ouen.
83 *bis*.	Serpentine brune cireuse	Kanala.
84	Serpentine cireuse et serpentine pierreuse	Cap Devert.
85	Serpentine cireuse avec veinules de chrysotil	Cap Devert.
86	Serpentine pierreuse veinée	Cap Devert.
87	Serpentine avec lamelles de diallage	Baie de Kanala.
88	Serpentine avec lamelles de diallage, en partie décomposées	Baie des Pilotes. — Ile Ouen.
89	Diallage en masse et en grands cristaux, au milieu d'une serpentine pierreuse avec grains de fer chromé.	Baie du Sud.
90	Diallage en masse, en partie altéré	Mont d'Or.
91	Euphotide	Cap Devert.
92	Diallage en masse cristalline	Cap Devert.
92 *bis*.	Euphotide à petits éléments	Ile Kosi. — Baie du Sud.
93	Roche feldspathique (saussurite ou jade?)	Ile Ouen.
94	Roche quartzeuse avec lamelles de diallage	Cap Devert.
95	Roche feldspathique kaolinisée avec cristaux d'amphibole	Cap Devert.
96	Roche feldspathique kaolinisée, avec petits cristaux d'un minéral amphibolique et avec quartz	Cap Devert.
97	Carbonate de magnésie en roche compacte saccharoïde.	Gomen.
98	Quartz compacte dans les serpentines	Ile Ouen.
99	Serpentine pierreuse, passant à un silex carié	Cap Devert.
100	Enduits quartzeux, à la surface des roches serpentineuses	Baie de Kanala.
101	Roche quartzeuse cariée, analogue à la meulière	Vallée de la Dumbéa.
101 *bis*.	Roche quartzeuse cariée, dont les cavités sont remplies par une matière ocreuse	Rivière de Voh; Gatope.
102	Roche quartzeuse compacte	Vallée de la Dumbéa.
103	Diorite avec cristaux de pyrite	Moméa. — Côte E.
104	Roche trappéenne à éléments indiscernables au milieu des serpentines	Kanala.
105	Roche feldspathique ou dioritique très-compacte	Ile Ouen.
106	Roche de feldspath, de quartz et de diallage noir en grands cristaux	Caillou roulé du massif du mon Koghi.
107	Plaquettes de silicate de nickel sur roches amphiboliques à grands cristaux de diallage	Flanc E. du petit mont d'Or.
108	Plaquettes de silicate de nickel sur serpentine au voisinage d'un filon de minerai de nickel	Mont d'Or.
109	Silicate de nickel dans une roche quartzeuse cloisonnée, au voisinage d'un filon de minerai de nickel.	Mont d'Or.
110	Filon de silicate de nickel dans les serpentines	Mont d'Or.
111	Minerai de nickel	Mont d'Or.
112	Cuivre carbonaté sur une roche de talc lamelleux au contact des serpentines avec diallage	Mont d'Or.

Nos	DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	ORIGINE.
113	Serpentine cireuse avec fer chromé en grains cristallins.	Kanala.
114	Serpentine pierreuse avec diallage et fer chromé. . . .	Moméa. — Côte E.
115	Fer chromé en masse cristalline.	Mont d'Or.
116	Plaquettes de serpentine ferrugineuse.	Baie du Sud.
117	Minerai de fer hydroxydé.	Baie du Sud.
118	Dépôt magnésiens des sources thermales.	Baie du Sud.

III.

Roches et terrains stratifiés et métamorphiques de la côte O.

TERRAINS CARBONIFÈRES.

119	Veine quartzeuse avec épidote dans un schiste métamorphique.	Dogny. — Chaîne centale de l'Ile, entre Ourail et Kanala.
120	Schiste serpentineux.	Kanala.
121	Schiste serpentineux.	Ourail.
122	Schiste serpentineux.	Au voisinage des couches de charbon. — 6e kilomètre de la route de Teremba à Kanala.
123	Calcaire cristallin des roches de Jenghen.	Jenghen.
124	Calcaire cristallin de la roche Mauprat.	Vallée du Diahot.
125	Calcaire cristallin.	Gomen.
126	Calcaire spathique en veines dans le calcaire cristallin.	Gomen.
127	Tuf calcaire.	Gomen.
128	Calcaire cristallin.	Ile Ducos.
129	Tuf calcaire.	Ile Ducos.
130	Calcaire cristallin	Mé-Ouenné, entre Ourail et Bourail.
131	Calcaire cristallin.	Vallée de la Dumbéa.
132	Calcaire compacte lithographique.	Presqu'île de Nouméa.
133	Calcaire cristallin à clivage lamelleux.	Presqu'île de Nouméa.
134	Rognon de silex dans un calcaire compacte lithographique.	Presqu'île de Nouméa.
135	Veines de chaux carbonatée spathique dans un calcaire compacte.	Presqu'île de Nouméa.
136	Mélaphyre.	Baie de Gatope.
137	Mouches de cuivre carbonaté sur un mélaphyre.	Ile Ducos.
138	Roche formée d'une pâte feldspathique avec cristaux de feldspath.	Baie de la Dumbéa.
139	Roche mélaphyrique compacte.	Baie de Gatope.
140	Mélaphyre amygdaloïde avec zéolithes.	Ile Ducos.
141	Tuf mélaphyrique.	Ile Ducos.
142	Roche mélaphyrique.	Ile Ducos.
143	Tuf mélaphyrique.	Ile Ducos.
144	Mélaphyre amygdaloïde avec amygdales calcaires. . . .	Ile Ducos.
145	Tuf mélaphyrique avec amygdales de calcite, contenant un fossile indéterminable.	Ile Ducos.
146	Brèche calcaire à éléments très-indistincts.	Ile Ducos.
147	Mélaphyre bréchoïde.	Ile Ducos.
148	Tuf bréchiforme.	Gomen.
149	Roche mélaphyrique compacte passant aux brèches. . .	Presqu'île de Nouméa.
150	Brèche mélaphyrique.	Presqu'île de Nouméa.
151	Brèche calcaire.	Presqu'île de Nouméa.
152	Passage d'une roche mélaphyrique à grains grossiers, à une roche calcaire pierreuse.	Carrière de la rue Marengo, à Nouméa.
153	Roche mélaphyrique compacte.	Carrière de la rue Marengo, à Nouméa.
154	Veine quartzeuse dans une roche pierreuse zonée, avec lamelles de chaux carbonatée.	Carrière de la rue Marengo, à Nouméa.
155	Schiste calcaire zoné.	Carrière de la rue Marengo, à Nouméa.
156	Schiste métamorphique.	Carrière de la rue Marengo, à Nouméa.

Nos	DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	ORIGINE.
157	Brèche siliceuse à grands éléments	Presqu'île de Nouméa.
158	Quartz translucide avec veines de calcaire spathique empâté dans les brèches décomposées	Presqu'île de Nouméa.
159	Calcaire compacte empâté dans les brèches décomposées	Presqu'île de Nouméa.
160	Roche métamorphique en partie compacte, en partie à éléments cristallisés	Couches à concrétions sphéroïdales de la presqu'île de Nouméa.
161	Passage d'une roche métamorphique compacte à une roche à éléments cristallisés	Carrière de Téremba. Ourail.
162	Roche métamorphique compacte avec lamelles de chaux carbonatée	Bourail.
163	Roche composée de quartz, de feldspath labrador et d'amphibole	Bourail.
164	*Athyris* (*Spirigera Wreyi* Suess)	Carrière de Téremba. Ourail.
165	*Monotis* dans des couches métamorphiques	Téremba. Ourail.
166	*Mytilus problematicus* Zittel; dans un schiste calcaire métamorphique	Téremba.
167	Moule de *Spirifer* dans un schiste calcaire métamorphique	Téremba.
168	Bois fossile imprégné de pyrite dans les schistes calcaires métamorphiques	Téremba.
169	Brèche mélaphyrique à très-petits éléments	Sommet du morne Mé-Ouaïb (Ourail).
170	Tuf mélaphyrique coquillier avec nodules de calcite	Sommet du morne Mé-Ouaïb (Ourail).
171	Schistes métamorphiques en grandes dalles	Presqu'île de Nouméa.
172	Empreintes de *Monotis* sur une couche siliceuse métamorphique	Vallée de Moindou (Ourail).
173	*Monotis Richmondiana*	Ourail.
174	*Monotis Richmondiana*	Ile Ducos.
175	*Monotis Richmondiana*	Vallée de la Moméa (Ourail).
176	Schiste argileux	Rivière Mu. — Côte E.
177	Schiste argileux	Gomen.
178	Banc quartzeux au milieu des schistes feldspathiques	Gomen.
179	Schistes argileux	17e kilomètre de la route d'Ourail à Bourail.
180	Schistes pyriteux	Tribu des Pembaa. — Côte O.
181	Schistes argileux calcaires	Bourail.
182	Grès arénacé ferrugineux au voisinage des couches de charbon	Ilot au Charbon. — Mont d'Or.
182 *bis*.	Grès feldspathique kaolinisé	Ilot au Charbon. — Mont d'Or.
183	Charbon de l'ilot au charbon	Région du Mont d'Or.
184	Grès siliceux arénacés	Portes de fer. — Presqu'île de Nouméa.
185	Schistes argileux avec petites tiges charbonneuses	Portes de fer. — Presqu'île de Nouméa.
186	Fossiles indéterminables dans des schistes argileux	Portes de fer. — Presqu'île de Nouméa.
187	Grès grossier ou poudingue	Koé. — Vallée de la Dumbéa.
188	Grès arénacé ferrugineux	Vallée de la Dumbéa.
189	Concrétions siliceuses dans les grès arénacés	Vallée de la Dumbéa.
190	Grès à gros grains quartzeux, ferrugineux	Mine de Karigou.
191	Anthracite de la mine de Karigou	Vallée de la Dumbéa.
192	Mélaphyre compacte	Rivière du Karigou. — Vallée de la Dumbéa.
192 *bis*.	Roche mélaphyrique bréchiforme	Rivière du Karigou. — Vallée de la Dumbéa.
193	Porphyre feldspathique	Vallée de la Dumbéa.
194	Porphyre feldspathique en partie kaolinisé	Ourail.
195	Grès à gros grain	Vallée de la Moméa. — Ourail.
196	Grès siliceux compacte	Vallée de la Moméa. — Ourail.
196 *bis*.	Grès à grain fin au voisinage des couches de charbon	Vallée de la Moméa. — Ourail.
197	Schistes ferrugineux au contact du charbon	Recherches du 16e kilomètre de la route d'Ourail à Kanala.
197 *bis*.	Concrétions ferrugineuses dans les grès arénacés	Ourail.
198	Schistes argileux au contact du charbon	Vallée de la Moméa. — Ourail.

Nos	DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	ORIGINE.
199	Houille. — Affleurements des couches près de la rivière de Moindou.	Ourail.
200	Moule de *Cardium* dans les grès au voisinage du charbon.	Ourail.
201	Fossile indéterminé et moule d'*Orthis*.	Collines sur la rive droite de la rivière de Moindou. — Ourail.
202	Fossile indéterminé dans les argiles au voisinage des couches de charbon.	Ourail.
203	Fossiles indéterminés dans les grès ferrugineux au voisinage des couches de charbon.	Ourail.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

INTRODUCTION. 232

PREMIÈRE PARTIE.

Description générale de la constitution géologique de la Nouvelle-Calédonie.

Considérations générales. 233
Formation serpentineuse. 235
Micaschistes. 238
Schistes ardoisiers. 239
Calcaires cristallins. 240
Terrains stratifiés et métamorphiques de la côte O. et S.-O. 242
Mélaphyres. 243
Division de la Nouvelle-Calédonie en régions géologiques. 244
Relations géologiques entre la Nouvelle-Calédonie et la Nouvelle-Zélande. 245

DEUXIÈME PARTIE.

Région des mines de cuivre et des mines d'or. — Terrains cristallisés et terrains anciens du nord de l'île.

CHAPITRE I.

OROGRAPHIE GÉNÉRALE. — COUPE GÉOLOGIQUE DE LA PARTIE SEPTENTRIONALE DE L'ÎLE PERPENDICULAIRE A LA VALLÉE DU DIAHOT.

Description générale de la vallée du Diahot. 252
Micaschistes. 253
Roches de glaucophane. 254
Schistes ardoisiers. 256

Pages.
Coupe géologique de la côte de Balade à la vallée du Diahot. 257
Coupe géologique sur la rive gauche du Diahot. 258
Coupe géologique de la vallée du Diahot à la côte de Koumac. 259
Résumé. 261

CHAPITRE II.

MINES DE CUIVRE.

§ 1. — Description générale de la région des mines de cuivre.

Région située à l'E. de la rivière de Ouégoa. 264
Chaîne du mont Ouégoa. 265
Centre d'éruption des roches de glaucophane. 266
Roches amphiboliques et roches de talc. 268
Serpentines et schistes serpentineux. 269
Région située à l'O. de la rivière de Ouégoa. 270

§ 2. — Description des divers points d'affleurements des gisements de cuivre et des travaux de recherches auxquels ils ont donné lieu.

1° Filons exploités par la compagnie des mines de Balade. 272
2° Gisements divers aux environs de Ouégoa. 285
3° Gisements de Pondolaï. 291

§ 3. — Résumé et conclusions.

Conditions économiques. 300
Législation des mines. 300
Voies de communication. Vente des minerais, approvisionnement des matières premières nécessaires à l'exploitation. 301
Main-d'œuvre. 304

CHAPITRE III.

MINES D'OR.

§ 1. — Historique.

§ 2. — Description des travaux de recherche et d'exploitation des filons aurifères dans le massif de Manghine.

Description du massif de Manghine. 308
Mine de la Fern-Hill. 312
Travaux de recherches en dehors de la concession de la Fern-Hill, sur le prolongement au S.-S.-E. du filon quartzeux. 316

Pages.
Filons croiseurs orientés au N.-N.-O. Mine Euréka. 319
Recherches en dehors du massif de Manghine, filons d'Oubatche. 321

§ 3. — Comparaison des faits observés en Nouvelle-Calédonie
avec les caractères généraux des gisements aurifères exploités dans les colonies
australiennes.

Constitution géologique de la région des mines d'or en Australie. 324
Nature des gisements aurifères en Australie. Résultats généraux de leur exploitation. 328
Caractères des filons aurifères en Australie. Gisement des filons aurifères. 331
Relation des filons aurifères avec les roches éruptives. 333
Richesse, nature et allure des filons aurifères. 336
Composition des filons aurifères. Association de l'or avec certains minéraux et notamment avec les pyrites. 342
Variation de richesse des filons avec la profondeur. 347
Alluvions aurifères. 348
Résumé et conclusions. 358

§ 4. — Séparation de l'or par broyage et amalgamation. — Usine de Manghine.

Exposé de la méthode. 360
Bocardage. 364
Tables sur lesquelles sont traités les produits du bocardage. 365
Traitement des dépôts recueillis sur les tables et dans les couvertures. . . 367
Filtration et distillation de l'amalgame. 368
Résultats généraux du traitement et modifications dont il est susceptible. 368
Traitement des résidus pyriteux en Australie à l'usine de Clunes. 370
Résultats du traitement. 371
Prix de revient du traitement. — Richesse minimum des minerais exploitables. 372

TROISIÈME PARTIE.

Formation serpentineuse. — Minerais de fer, de chrome et de nickel qui lui sont associés.

---

§ 1. — Étude particulière des roches
dont se compose la formation serpentineuse en Nouvelle-Calédonie.

Serpentines en roches. 376
Minéraux accidentels. — Diallage. 377
Euphotides et diorites. 377
Quartz et silex. 379

Pages.
Amas d'argiles magnésiennes et de carbonates de magnésie. 380
Dépôts des sources thermales de la baie du Sud. 381
Roches métamorphiques au voisinage des serpentines. — Schistes serpentineux. 381

§ 2. — Gisement et valeur industrielle des minerais de fer.

§ 3. — Gisement et valeur industrielle des minerais de chrome.

§ 4. Minerais de nickel.

Veines et enduits de silicate de nickel dans la formation serpentineuse en Nouvelle-Calédonie. 390
Découverte d'un filon nickelifère dans le massif du mont d'Or. 392
Résumé. — Analyse et valeur industrielle du minerai. — Conclusions. . 394
Association du silicate de nickel et du minerai de mercure aux mines de New-Almaden en Californie. 399

QUATRIÈME PARTIE.

CHAPITRE I.

Terrains stratifiés et métamorphiques de la côte ouest. — Mélaphyres.

Mélaphyres. 401
Mélaphyres cristallins et amygdaloïdes. 401
Tufs mélaphyriques. 402
Brèches. 402
Schistes métamorphiques. 404
Age des mélaphyres de la côte ouest. 406
Minerais de cuivre associés aux mélaphyres. 406
Couches triasiques. 407

CHAPITRE II.

Terrains carbonifères. — Gisements de charbon.

Étendue et caractères généraux de la formation carbonifère de la Nouvelle-Calédonie. 410
1° Affleurements de charbon aux pieds du mont d'Or, sur le littoral de la baie de Boulari et dans l'Ilot au charbon. 414
2° Gisements de charbon dans la vallée de la Dumbéa. 417
3° Gisements de charbon sur le territoire d'Ourail. 419
(a) Couches carbonifères du bassin de Moindou. 424
(b) Couches carbonifères du bassin de Moméa. 434
Valeur industrielle des gisements houillers d'Ourail. Conditions économiques de l'exploitation du charbon en Nouvelle-Calédonie. 437

APPENDICE.

Pages.

CATALOGUE des roches et minerais déposés à l'exposition permanente des colonies, et dont il est fait mention dans le rapport. 442

TABLE ET EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche VII.

Fig. 1. — Nouvelle-Calédonie et ses dépendances, d'après la carte de M. Bouquet de la Grye. 235

Fig. 2. — Coupe géologique théorique de l'extrémité septentrionale de la Nouvelle-Calédonie entre Balade et Koumac perpendiculairement à la vallée du Diahot. 257

Fig. 3. — Aspect de la côte N.-E. de la Nouvelle-Calédonie au S. de Jenghen. 240

Fig. 4. — Croquis du cours inférieur du Diahot et de la région des mines de cuivre. (D'après la carte levée par M. Parquet, chef du service topographique à la Nouvelle-Calédonie en 1870.). 262

Fig. 5. — Croquis de la paroi IM de l'excavation IMON, représentée *fig.* 2, Pl. VIII. — Mine de Balade. Vallée du Diahot. 278

Planche VIII.

Fig. 1. — Croquis pour servir à la description du groupe des mines de cuivre de Ouégoa. 262

Fig. 2. — Croquis des travaux de la mine de Balade au mois de décembre 1873. 272

Fig. 3. — Croquis de la montagne de Manghine avec l'indication des points où ont été exécutés les travaux de recherches. 317

Légende : *aa'*. — Tranchée suivant les affleurements du filon aurifère de la Fern-Hill.
b. — Puits d'exploitation de la mine de Fern-Hill.
c. — Tranchées de recherches.
d. — Tranchée de recherches.
e, *f*. — Galerie de recherches du sieur Béquillet.
g. — Galerie de recherches du sieur Patry.
h. — Mine Euréka.

i, k. — Galeries de la compagnie Néo-Calédonienne.
l. — Faille avec traces de pyrite de cuivre.
o, p. — Tranchées de recherches.

Fig. 4 et 5. — Disposition des parties riches dans les alluvions aurifères.

Fig. 4. — Cas d'un courant parallèle à la direction des schistes. . . 353

Fig. 5. — Cas d'un courant perpendiculaire à la direction des schistes. 353

PLANCHE IX.

Fig. 1. — Coupe théorique du filon aurifère d'Hawkins-Hill, dans la Nouvelle-Galles du Sud. 340

Fig. 2. — Coupe théorique d'Hawkins-Hill, Nouvelle-Galles du Sud. . . 341

Fig. 3. — Bocard et table de lavage pour le traitement des quartz aurifères. 363

Légende : A. — Pilon.
B. — Trémie par laquelle arrive le minerai.
C. — Ressort dont les vibrations provoquent la descente du minerai dans la trémie.
D. — Tamis.
F. — Mercury-boxes.
G. — Ripple-board.
K. — Copper-plates.
I. — Tables dormantes recouvertes de couvertures.

Fig. 4. — Croquis pour servir à la description des terrains carbonifères d'Ourail. 420

PLANCHE X.

Fig. 1. — Coupe des affleurements de charbon au point M sur la route d'Ourail à Kanala. (Direction des couches par rapport au méridien magnétique = 140°.). 425

Fig. 2. — Coupe des affleurements de charbon dans la tranchée ouverte près du point M sur le territoire d'Ourail. 426

Fig. 3. — Coupe de la face N.-S. du puits près du point M. 426

Fig. 4. — Coupe des affleurements de charbon sur la face de la tranchée ouverte au point A sur le territoire d'Ourail. (Direction des couches = 130°.). 427

Fig. 5. — Coupe des affleurements de charbon mis à nu par la tranchée ouverte au point P sur le territoire d'Ourail. (Direction des couches = 90°.). 427

Fig. 6. — Coupe des affleurements de charbon mis à nu au point O, près de la rivière de Moindou, sur le territoire d'Ourail. 428

Pages.

Fig. 7. — Coupe des affleurements de charbon mis à nu par la tranchée ouverte au point T, sur le territoire d'Ourail. (Direction des couches =40°.) 429

Fig, 8. — Coupe théorique de la chaîne qui sépare le cours supérieur de la rivière de Moindou du littoral, avec l'indication des affleurements des couches de charbon. 430

Fig. 9. — Coupe d'un puits de 4 mètres de profondeur ouvert au point D, sur le territoire d'Ourail. 430

Fig. 10. — Coupe des affleurements de charbon mis à nu au point U, sur le flanc de la montagne de Moméa, territoire d'Ourail. (Direction des couches = 120°.) 435

Fig. 11 et 12. — Coupes des affleurements de charbon mis à nu au point V, sur la crête de la montagne de Moméa, territoire d'Ourail. (Direction des couches = 130°.) 436

ERRATA.

Page 240, ligne 22,	au lieu de :	*fig*. 1,	lire :	*fig*. 3.
Page 261, ligne 7,	—	*fig*. 4,	—	*fig*. 2.
Page 262, ligne 11,	—	*fig*. 3,	—	*fig*. .
Page 426, ligne 25.	—	Pl. II,	—	Pl. X.
Passim,	—	Mont-Dore,	—	Mont d'O .

NOTE (*)

SUR

LA CORROSION DES CHAUDIÈRES A VAPEUR PAR L'ACTION DE L'ACIDE SULFURIQUE QUI SE PRODUIT DANS LES DÉPÔTS LAISSÉS PAR LES FUMÉES SUR LEURS PAROIS.

La Commission centrale des machines à vapeur a eu son attention appelée, au commencement de l'année 1875, sur deux explosions de générateurs à vapeur survenues, l'une au puits Glenons, de la houillère de La Machine (département de la Nièvre); l'autre aux forges d'Ougrée, en Belgique, et qui ont paru devoir être attribuées à l'altération du métal des chaudières par suite de la présence d'acide sulfurique dans les dépôts laissés par les fumées sur les parois de certaines parties des chaudières.

D'autres faits de même nature sont parvenus depuis à la connaissance de la Commission, qui a pensé qu'il convenait de faire de l'ensemble des observations qu'elle a recueillies et des travaux dont elle a eu communication, l'objet d'une note qui serait insérée dans les *Annales des mines* et *des ponts et chaussées*, de manière à les répandre autant que possible et à appeler l'attention des ingénieurs et des industriels sur la transformation, dans les fourneaux des chaudières, de l'acide sulfureux des fumées en acide sulfurique, sous l'influence de certaines circonstances spéciales, et à diriger leurs études sur cette question qui, en ce qui concerne les générateurs à vapeur, est encore relativement peu avancée, à un certain nombre de points de vue.

(*) Cette note et celle qui lui fait suite sont la reproduction, à peu près intégrale, de deux rapports présentés à la *Commission centrale des machines à vapeur* par M. Hanet-Cléry, ingénieur en chef des mines, dans la séance du 2 février 1876.

C'est dans ce double but que la note qui suit a été rédigée. Nous ferons d'abord connaître les deux accidents dont la Commission s'est occupée, puis nous rapporterons les autres observations qui ont été faites sur le même sujet.

I. *Explosion de chaudière au puits Glenons.* — L'explosion arrivée au puits Glenons, le 13 novembre 1872, a eu lieu dans les circonstances suivantes : la chaudière éclatée se composait d'un corps cylindrique au-dessous duquel la grille était directement placée, et d'un réchauffeur en contre-bas séparé du corps cylindrique par une voûte en briques qui touchait presque la partie supérieure du réchauffeur.

Ce réchauffeur s'est ouvert en grand, à sa virole d'avant, au droit d'un recouvrement longitudinal, à la jonction de deux tôles; la déchirure s'est ensuite continuée perpendiculairement à ses deux extrémités.

L'épaisseur du métal, dans la partie qui a cédé la première (épaisseur qui à l'origine était de 12 millimètres), se trouvait réduite à $1^{mm},7$, et était ainsi devenue tout à fait insuffisante pour permettre au métal de résister à la pression de 6 kilogrammes à laquelle le générateur fonctionnait. L'amincissement était tout à fait extérieur et s'étendait, mais à un moindre degré, sur toute la région supérieure de la virole du même côté.

M. l'ingénieur des mines Douvillé a attribué cette usure, qui a été relativement rapide, puisque la chaudière ne datait que de l'année 1867, à l'action corrosive exercée au contact du métal par l'oxygène et l'acide sulfureux contenus dans les gaz de la combustion, en présence d'eau provenant des fuites qui existaient au corps cylindrique supérieur. Cette eau, après avoir traversé la voûte en briques, tombait sur le réchauffeur, mouillant sa partie supérieure qui était relativement froide (*), et se concentrant principalement le

(*) Cette partie était située à l'extrémité du circuit des fumées

long de la saillie longitudinale de jonction avec la tôle inférieure qui l'arrêtait dans sa marche descendante. Elle a ainsi pu imbiber les enduits déposés dans cette région que la configuration de la maçonnerie empêchait de nettoyer régulièrement et favoriser ainsi, à la surface du métal, la suroxydation de l'acide sulfureux. M. Douvillé a recueilli, sur les parties corrodées, de larges écailles d'oxyde de fer, et il y a constaté la présence de soufre sans avoir pu déterminer son état de combinaison.

II. A ce point de vue, l'accident arrivé aux forges d'Ougrée, le 30 octobre 1873, est plus concluant. L'acide sulfurique a été en effet trouvé dans les enduits, soit à l'état libre, soit à l'état de sulfate de fer. Nous allons faire connaître les circonstances de cette explosion, d'après les indications qu'a bien voulu fournir le directeur de l'établissement.

La chaudière était horizontale et composée d'un corps cylindrique avec deux bouilleurs en contre-bas; elle avait été construite en 1863, et était chauffée par les flammes perdues de trois fours à puddler. Ces flammes, à la sortie du rampant, enveloppaient à la fois un des bouilleurs et la moitié de la partie inférieure du corps cylindrique. Elles chauffaient, dans un deuxième circuit, la partie symétrique de l'appareil.

Le bouilleur, au droit duquel les flammes débouchaient, s'est entr'ouvert dans des conditions qui ont la plus grande ressemblance avec la manière dont s'est déchiré le réchauffeur du puits Glenons. La fracture a commencé suivant une génératrice horizontale, contre un recouvrement, et s'est

et dans le voisinage extrême de l'arrivée de l'eau d'alimentation. M. Douvillé fait même remarquer que les vapeurs d'eau contenues dans les fumées étaient susceptibles de s'y condenser. Ces eaux condensées ont pu ajouter leur action à celle des eaux d'infiltration, pour favoriser la suroxydation de l'acide sulfureux.

continuée perpendiculairement suivant deux fentes, l'une en pleine tôle, l'autre le long d'une rivure. L'épaisseur du métal était réduite à près d'un millimètre sur les lèvres de la première déchirure. Toute la partie supérieure de la virole du même côté était d'ailleurs corrodée, l'amincissement diminuant progressivement jusque vers le haut du bouilleur. L'usure était tout à fait extérieure.

Deux échantillons de l'enduit laissé par la fumée sur la région altérée ont été analysés; ils ont donné : sulfate de fer, entre 52 et 53 p. 100; acide sulfurique non combiné, l'un 1,42, l'autre près de 12 p. 100.

Les dépôts recueillis sur le reste du bouilleur contenaient également de l'acide sulfurique, mais en quantité notablement moindre et sans qu'il en fût résulté d'usure sensible du métal.

La différence de l'action a été expliquée de la manière suivante : l'enduit se dépose, pendant la marche des fours, à l'état pulvérulent et tout à fait sec; mais à la mise hors feu, l'air extérieur, chargé d'humidité, pénètre dans les carneaux, et à son contact prolongé la suie devient pâteuse. La suroxydation de l'acide sulfureux se produit alors, et le métal se trouve dans les conditions les plus favorables pour être attaqué. L'action corrosive s'exerce donc, pendant toute la période d'inactivité de la chaudière, dans les régions qui n'auront pas été nettoyées; au contraire, elle ne se fera pas sentir là où les dépôts auront été enlevés.

Or la partie amincie et déchirée se trouvait précisément dans le premier cas; elle était adossée contre la muraille verticale qui séparait les deux carneaux, dans une partie très-difficilement accessible qu'on négligeait, par suite, de visiter et de nettoyer.

III. Des exemples de corrosion extérieure, par suite de la condensation de la vapeur d'eau des fumées sur les parties froides des chaudières, ont été signalés par M. Meunier-Doll-

fus, directeur de l'Association alsacienne des appareils à vapeur. (Voir *le Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, année 1871.) Nous citerons particulièrement les observations qui ont été faites sur les générateurs de l'usine de M. Charles Kestner, à Thann.

L'usine comprenait deux chaudières cylindriques à trois bouilleurs chacune, et entre elles, dans le même massif, six réchauffeurs disposés deux par deux sur un même étage. La fumée circulait sous les trois bouilleurs, deux fois autour du corps cylindrique, puis dans les trois étages du réchauffeur, de haut en bas. L'eau d'alimentation suivait une marche inverse.

Un seul générateur était le plus souvent en fonctionnement; il marchait jour et nuit, mais avec une activité moindre pendant la nuit.

Dans une expérience où l'eau d'alimentation arrivait avec une température de 20°, l'eau, à la sortie du premier réchauffeur inférieur, ne dépassait pas 30°, et à la sortie du troisième, 50°. D'un autre côté, la température des fumées, à la sortie du dernier réchauffeur, ne dépassait pas 150° le jour et 100° la nuit. Au bout de deux ans de service, dans ces conditions, les deux réchauffeurs étaient déjà altérés, et au bout de six ans, bien que le métal fût d'excellente qualité, leur épaisseur était tellement réduite qu'ils ont été réformés.

L'attaque avait eu lieu principalement sur les parties de ces réchauffeurs froides ou peu chaudes, et il a été constaté qu'elle avait pour cause première l'acide sulfureux dissous dans l'eau de condensation déposée par les fumées; en présence de l'air et de ces eaux acides, il y avait oxydation de la tôle, puis formation de sulfate d'oxyde de fer.

IV. Quelques observations sur cette cause de dépérissement des chaudières ont été faites dans le département du Nord, par M. Cornut, ingénieur en chef de l'Association

des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France, à Lille. Il a constaté, assez fréquemment, des corrosions extérieures qui lui ont paru attribuables à l'action des fumées, et qu'il a trouvées nettement limitées à des portions de tôle humectées par une cause quelconque, fuites, eaux d'infiltration, etc.

V. Nous terminerons par la remarque suivante : la transformation de l'acide sulfureux en acide sulfurique, sous l'action de l'eau ou de la vapeur d'eau et de l'air, en présence d'une base ou d'un métal, n'est pas un fait nouveau. Il y a longtemps déjà que, dans la pratique industrielle, on se sert de cette propriété de l'acide sulfureux, soit pour assainir le voisinage de certains établissements métallurgiques, soit pour traiter certains minerais. A ce dernier point de vue, on peut citer notamment le procédé de M. de Lamine, pour la fabrication du sulfate d'alumine à Ampsin (Belgique) (*), et le traitement de certains minerais oxydés de cuivre, sur les bords du Rhin.

Il semble que ces applications, d'une date déjà ancienne, eussent dû depuis longtemps éveiller l'attention sur la possibilité de l'altération des parois des chaudières par des réactions du même genre; mais il n'en a rien été, et l'on peut considérer qu'en ce qui concerne cette question spéciale, si le fait général est maintenant connu, il reste à l'étudier dans tous ses détails, dont quelques-uns ne manquent pas d'importance pratique.

Conclusions. — On peut résumer ainsi l'ensemble des observations qui précèdent :

Dans les enduits déposés sur les parois des chaudières à une certaine distance du foyer, et qui sont rendus humides

---

(*) Voir à ce sujet le mémoire de M. de Freycinet sur l'*Assainissement industriel en Belgique* (*Annales des mines*, t. VII).

par une cause accidentelle quelconque, l'acide sulfureux entraîné par les gaz de la combustion détermine l'attaque des tôles par formation de sulfate d'oxyde de fer.

L'attaque peut avoir lieu pendant que la chaudière est en feu, dans les régions mouillées par des fuites provenant de la chaudière même, ou par des eaux d'infiltration que les maçonneries laissent arriver, ou par la condensation des vapeurs d'eau des fumées au contact de tôles relativement froides. Elle peut également se produire pendant la période d'inactivité de la chaudière, en raison de l'humidité de l'air qui pénètre dans les carneaux.

Ces origines diverses de l'action corrosive montrent la nature des précautions à prendre pour en éviter les effets destructeurs, sauf en ce qui concerne les condensations des vapeurs, au sujet desquelles on a conseillé des dispositions qui n'ont pas encore reçu la sanction de l'expérience. Ces précautions ne sont autres que celles qui doivent être prises dans la pratique ordinaire pour la conservation des appareils, c'est-à-dire une construction soignée, des nettoyages complets et un bon entretien.

ANALYSE

DES COMPTES RENDUS DES OPÉRATIONS DE L'ASSOCIATION BELGE POUR LA SURVEILLANCE DES APPAREILS A VAPEUR, POUR LES ANNÉES 1873 ET 1874.

Les comptes rendus des opérations de l'Association belge pour la surveillance des appareils à vapeur contenant une étude très-complète des différentes causes de détérioration des chaudières, il a paru intéressant d'en faire un extrait détaillé, en laissant d'ailleurs à l'ingénieur en chef de l'Association, M. Vincotte, la responsabilité de ses observations et des opinions qu'il exprime.

La société s'est constituée le 30 décembre 1872. Ses opérations s'étendent sur toute la Belgique. A la fin de 1874, c'est-à-dire de sa deuxième année d'existence, le nombre des appareils associés s'élevait à 1.031 : il était de 827 au bout de la première année.

En 1873, 485 chaudières avaient été visitées intérieurement; 278 avaient dû être l'objet de réparations, dont 64 immédiatement, en raison du danger qu'elles présentaient.

En 1874, le nombre des chaudières visitées intérieurement a été de 607. Un grand nombre de ces visites ont révélé des défauts graves, pour lesquels 62 chaudières sont entrées en réparation immédiate (*).

(*) Ces chiffres, si le tableau n'est pas trop chargé, méritent l'attention. Un régime sous lequel 126 chaudières sur 1.031 (soit une proportion de 12 p. 100) sont trouvées dans un état dangereux, peut-être voisin de l'explosion, est certainement peu rassurant. Bien qu'il y ait lieu de penser que la situation soit meilleure en

Les défauts constatés ont été, suivant leur nature, divisés en plusieurs catégories. Ces catégories et le nombre des chaudières par catégorie sont les suivants :

NATURE DES DÉFAUTS.	NOMBRE des chaudières défectueuses.	
	1873	1874
Corrosions intérieures.	66	148
Corrosions extérieures.	Non indiqué.	111
Fentes.	Non indiqué.	76
Causes diverses. (Trop grande vivacité du feu, inscrustations, etc.)	Non indiqué.	Nombre non suffisamment indiqué.

Les comptes rendus entrent dans des observations de détail intéressantes sur chacune de ces natures de défectuosités, en même temps que sur leurs origines ou leurs causes ; nous relatons les plus importantes d'entre elles :

I. — Corrosions intérieures.

Ces corrosions tantôt attaquent de grandes surfaces, tantôt se montrent par cavités isolées en nombre plus ou moins grand.

Les premières ont paru le plus souvent occasionnées par l'emploi d'eaux corrosives ou de désincrustants. Elles sont quelquefois dues à des dispositions vicieuses des appareils, comme par exemple celles qui permettent, dans les réchauffeurs, la formation de chambres de vapeur.

Quant aux secondes, qu'il indique comme très-fréquentes, le compte rendu de 1874 s'exprime ainsi :

« On trouve fréquemment de petites cavités isolées au

France, on ne peut s'empêcher de remarquer que nous vivons sous une réglementation analogue, à beaucoup de points de vue, à celle qui, en Belgique, a laissé se produire de pareils résultats.

« milieu d'une tôle intacte. Ces cavités sont à peu près cir-
« culaires, d'un diamètre et d'une profondeur qui augmen-
« tent avec leur âge. Elles sont remplies d'une poussière
« noire, composée en grande partie d'oxyde de fer prove-
« nant du métal rongé, de sulfates et de carbonates dé-
« posés par l'eau en se vaporisant, et d'une très-petite
« quantité de silice. Quelquefois elles sont recouvertes d'un
« dôme de couleur jaunâtre.

« Dans certaines chaudières, trois ou quatre ans suffisent
« pour perforer une tôle ; il est rare qu'il en faille plus de
« douze.

« Quelquefois une chaudière attaquée de cette façon
« présente des cavités de toute grandeur, depuis celles
« qui ne font que commencer jusqu'aux plus grandes.

« Quelquefois aussi ces cavités sont toutes d'une ou de
« deux grandeurs, comme si elles dataient d'une ou de
« deux époques bien déterminées.

« Jusqu'à présent, ce genre de corrosions, pour ainsi
« dire vermiculaires, n'a été observé qu'exceptionnelle-
« ment sur des tôles autres que celles où il n'y a pas
« d'ébullition, où l'eau n'est pas agitée. On le trouve fré-
« quemment dans les chaudières à réchauffeur. Dans ce
« cas, le corps cylindrique principal est complétement
« épargné, et souvent c'est le réchauffeur le plus froid
« qui est le plus attaqué.

« Des parties de bouilleur ou de réchauffeur non chauf-
« fées présentaient de fortes corrosions de cette nature
« (par exemple des portions engagées dans des maçonne-
« ries ou en saillie à l'extérieur du fourneau).

« Lorsque ces cavités, au lieu d'être largement espacées,
« sont assez voisines, elles peuvent par leur réunion for-
« mer une ligne de cassure.

« Les ingénieurs de l'association ont fait plusieurs ana-
« lyses des eaux d'alimentation et des incrustations pro-
« duites, en même temps que des résidus qui remplissent

« les cavités. Sans aboutir à une conclusion absolument « nette, leurs recherches les ont amenés aux présomptions « suivantes :

« La corrosion, dans ces circonstances, ne semble pas « provenir d'une acidité réelle des eaux, bien que due, « suivant toute apparence, à l'action des chlorures ou « des sels alcalins contenus dans ces eaux en très-petite « quantité. Dans cinq analyses, les résidus de la corrosion « ont été trouvés contenant du chlorure de fer, ce qui « porte à croire que, dans ces cas au moins, les chlorures « sont intervenus. Il n'est pas impossible que, dans d'au- « tres circonstances, le chlorure de fer ait été formé, mais « il aurait disparu en se dissolvant dans l'eau qui remplit « les générateurs (*). »

II. — Corrosions extérieures.

Les corrosions extérieures sont, d'après le rapport, une des plus grandes causes d'usure des chaudières. Nous laisserons de côté celles qui proviennent de faits connus, tels que le contact des tôles avec des maçonneries humides, les fuites à travers les rivures, les joints ou les fentes, et nous indiquerons spécialement les observations qui se rapportent à l'action, sur les tôles, des produits de la combustion, action qui a été étudiée avec beaucoup de soin (**).

« Après quelque temps de marche, dit le compte rendu « de 1874, toute la surface chauffée d'une chaudière est « couverte d'une couche de poussière et de suie contenant

(*) L'action oxydante des chlorures de magnésium et de calcium contenus dans les eaux d'alimentation est un fait déjà connu : ces chlorures se décomposent sous l'action de la chaleur dans les chaudières et attaquent soit les parties baignées par l'eau, soit les tôles en contact avec la vapeur.

(**) Voir la *Note* précédente.

« des matières corrosives. Cette couche a un aspect diffé-« rent suivant l'éloignement, par rapport au foyer, des « parties de la chaudière que l'on considère. Elle varie « suivant la nature du charbon et diverses autres circon-« stances encore incomplétement connues. Sa composition « change également beaucoup dès que, les feux étant « éteints, elle se trouve en contact avec l'air atmosphé-« rique plus ou moins chargé d'humidité. Si on laisse de « côté les premières tôles et qu'on examine, quelques jours « après la mise hors feu, celles qui sont à une certaine « distance du foyer, on trouve que l'enduit qui recouvre « ces derniers présente trois couches distinctes. Contre le « métal même, une matière grisâtre assez adhérente, d'une « faible épaisseur, extrêmement acide et astringente; au-« dessus, une couche noire très-acide et très-astringente; « enfin, extérieurement, une couche blanche ou rosée, « formée d'une matière extrêmement ténue, douce au « toucher et dont la saveur, très-faible immédiatement « après l'extinction des feux, devient bientôt astringente « et acide. Cette dernière couche n'existe plus dans les « carneaux où la température est peu élevée.

« Vingt-cinq analyses ont été faites sur des échantillons « pris dans les différentes couches que nous venons d'in-« diquer, à des intervalles de temps plus ou moins éloi-« gnés du moment de l'arrêt des chaudières; quelques-« uns avaient été recueillis près de fuites.

« Ces analyses ont toujours accusé l'existence d'acide « sulfurique libre, ou de sulfates ferriques ou ferreux, ou « d'oxyde de fer, résultant de la décomposition du sulfate « de fer à une haute température.

« Si dans un mélange d'eau et des parties inférieures « de ces enduits, pris encore frais, on plonge une lame « de fer, elle est vivement attaquée avec dégagement d'hy-« drogène, et il se forme du sulfate de fer. Il est donc « naturel que ce même sel se produise au contact du mé-

« tal dès que la chaudière devient humide. Ce sulfate et « l'acide sulfurique non combiné imprègnent par imbibi- « tion toute la hauteur de l'enduit. Mais, dans les carneaux « fortement chauffés, et là où les suies atteignent une « épaisseur suffisante pour arriver à la température de la « calcination, les parties extérieures brûlent sous l'action « des gaz oxydants. Les sels de fer se décomposent et il « se forme ces cendres de coloration blanche qui cou- « vrent les dépôts dans ce cas.

« Telle est, d'après l'ingénieur en chef de l'association, « l'explication de l'aspect spécial et de la composition « variée que présente l'enduit au delà des tôles de feu « proprement dites.

« Quant à la corrosion elle-même, tant que le généra- « teur est en feu, elle ne se produit que sur les parties « de tôle qui sont contiguës aux fuites ou à des maçon- « neries humides, ou qui sont assez froides pour que la « vapeur d'eau des fumées s'y condense; le reste n'est « pas attaqué. Mais pendant les temps d'arrêt, l'acide « formé et les sulfates de fer et d'alumine attirent l'humi- « dité, et lorsqu'ils sont arrivés à un certain degré de « dilution, la tôle commence à se ronger et continue jus- « qu'à ce que les sulfates aient disparu et qu'il ne reste « que de l'oxyde.

« Le temps qu'il faut pour arriver à ce point dépend « essentiellement de l'humidité qui règne dans le massif « de la chaudière. Ordinairement il faut un repos de plus « de huit jours pour que la corrosion devienne quelque « peu forte.

« L'influence de la nature des charbons sur le degré de « corrosion n'a pas encore été constatée. »

III. — Fentes.

En ce qui concerne les fentes, nous ne nous arrêterons pas à celles qui se produisent sur le bord des tôles, ni au raccordement des parties cylindriques avec le fond : nous nous bornerons à mentionner celles qui ont été observées suivant des rivures transversales dans les parties inférieures des chaudières, et dont quelques-unes avaient un développement de 0m,40, 0m,50 et même 1m,30. Quand on considère que, sur cette longueur, les tôles ne sont plus maintenues que par le frottement dû à la pression des rivets, pression qui, elle-même, est atténuée en raison du glissement qui s'est produit sur une au moins des tôles, on est amené à se demander comment des explosions ne sont pas le résultat immédiat de fissures de cette importance. Le compte rendu essaye de l'expliquer en faisant remarquer que, tant qu'elles sont fortement chauffées, les tôles inférieures sont comprimées en raison de la résistance que les autres tôles plus froides opposent à leur dilatation. C'est ce que semble montrer ce fait, que presque toutes les fuites du bas des chaudières diminuent ou cessent à chaud pour se reproduire à froid.

Le danger, cependant, reparaît avec le refroidissement, et il est à croire que c'est à cette raison que sont dues un grand nombre des explosions qui ont lieu dans les moments où les feux sont tombés.

IV. — Causes diverses : intensité trop grande du feu ; incrustations, etc.

Dans un grand nombre de chaudières à bouilleurs qui ont été trouvées sujettes à des coups de feu, ceux-ci se

reproduisent le plus ordinairement dans les mêmes places, qui sont en relation constante avec la position du cuissard antérieur de communication. Cet effet est indiqué comme le résultat de l'accumulation des débris sédimentaires, entraînés par les courants qui se forment régulièrement à travers les tubulures de communication, et rejetés par le remous dans les parties où l'eau est relativement tranquille.

Un dernier point que les rapports touchent est relatif aux incrustations; mais ils n'examinent qu'un seul cas : celui des dépôts savonneux calcaires, dus à l'emploi partiel, pour l'alimentation, des eaux de condensation des machines (*). Ils signalent les inconvénients de ces dépôts et les tentatives infructueuses qui ont été faites en Belgique pour y remédier, à l'aide d'appareils tubulaires où les vapeurs graisseuses ne sont plus en contact avec l'eau. Enfin ils indiquent comme efficace l'emploi d'huiles minérales pour la lubrification des cylindres. Ce procédé n'est d'ailleurs autre que celui qui est recommandé par l'Amirauté anglaise sur les bateaux de la marine royale britannique.

Après avoir ainsi passé en revue les différents défauts que deux années d'exercice ont permis de reconnaître dans les chaudières soumises à la surveillance de l'Association, le rapport de 1874 se termine par une observation d'un caractère général et qui en est comme la conclusion :

« C'est la nécessité de visites périodiques, tant à l'inté-

(*) La Commission centrale s'est occupée en 1874 d'accidents attribués à cette nature d'inscrustation. Ces savons, en se déposant sur les parois intérieures des chaudières, s'opposent, même quand ils sont en pellicules très-minces, au contact de l'eau avec le métal, qui alors, surtout au coup de feu, se surchauffe, se détériore rapidement et finit par se déchirer.

« rieur qu'à l'extérieur, faites par des hommes de l'art, « en raison du peu de valeur de l'essai à la presse hy- « draulique, comme garantie unique de la capacité de « résistance des chaudières. »

MÉMOIRE

SUR

LA SITUATION DE LA MÉTALLURGIE DU FER

EN STYRIE ET EN CARINTHIE (*)

Par M. Ed. GRUNER (fils).

PREMIÈRE PARTIE.

COMBUSTIBLES ET MINERAIS.

INTRODUCTION.

Alors qu'une immense forêt recouvrait encore toutes les chaînes secondaires des Alpes, longtemps avant que les armées romaines eussent franchi le Rhin et remonté le Danube, les sauvages habitants de ces montagnes avaient déjà su reconnaître les minerais de fer et en tirer les armes dont ils avaient besoin pour combattre leurs ennemis et abattre leurs proies.

(*) Les détails et chiffres que nous donnons dans cette notice nous ont été fournis avec une grande amabilité et un grand empressement par les directeurs et ingénieurs des nombreuses usines que nous avons visitées en 1873 et en 1875.

Nous avons aussi recouru à plusieurs ouvrages, tels que : *Geschichte des Hüttenberger Erzberges*, par Münichsdorfer; *Roheisen Production in Kärnten*, par Münichsdorfer; *Denkbuch des österreichischen Berg und Hüttenwesen*, et spécialement l'article de M. de Tunner, sur la Styrie et la Carinthie; *Das Vorkommen..... des Miner. Brennstoffes*, par Fötterle.

Les nombreuses notices publiées au moment de l'Exposition universelle de 1873, et les journaux tels que : le *Jahrbuch de Leoben*, l'*Œsterreich. Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen*, le *Kärnter. Zeitschrift*, etc., nous ont donné des indications très-utiles que nous avons souvent mises à profit.

Depuis lors le pic du mineur s'est usé pendant des milliers d'années sur ces gisements, et bien loin de les épuiser, il n'a fait que mettre au jour leur inépuisable richesse.

Ce sont ces gisements, l'Erzberg de Styrie et celui de Carinthie, et les usines qui se sont groupées autour que nous nous proposons d'étudier rapidement.

Nous chercherons à suivre l'industrie du fer dans ses développements successifs jusqu'à ces dernières années. Nous verrons que le minerai seul, même le plus riche, le plus pur, ne suffit pas pour faire la richesse d'un pays, — et c'est peut-être ici l'un des exemples les plus frappants que l'on en puisse citer. Pour le prouver, nous donnerons un rapide aperçu des conditions de l'industrie métallurgique en Autriche (*). Nous verrons quelles sont, et où sont situées, ses richesses en combustible végétal et minéral, quelles sont les principales voies de transport, quel est l'état de la propriété industrielle.

Nous essayerons ainsi de nous rendre compte comment un pays qui possède deux des plus beaux amas de minerai de fer connus dans le monde, peut à grand'peine lutter contre l'industrie étrangère, qui va au loin, jusqu'en Afrique et en Suède, chercher ses minerais, et qui peut encore,

---

(*) Les hauts fourneaux de la région des Alpes ont une importance relative très-considérable.

En effet, sur une production totale de 371.000 tonnes de fonte en 1873 (Hongrie non comprise) :

La Styrie fournit.	34,7 p. 100.	Le Tyrol, le Salzburg, la Carniole.	4,2 p. 100.
La Carinthie.	18,6 p. 100.		
La basse Autriche	6,3 p. 100 (au coke).		

Soit pour :

L'ensemble de la région des Alpes. . . . . 63,8 p. 100.

Tandis qu'avec leurs hauts fourneaux, presque tous au coke, les autres provinces ne donnent que 36,2 p. 100, soit :

La Bohême.	19 p. 100.	La Galicie et la Bukowine.	1,5 p. 100.
La Moravie.	13,1 p. 100.		
La Silésie.	2,6 p. 100.		

malgré les tarifs protecteurs, pénétrer jusqu'au cœur de l'Autriche, et surtout lui fermer les débouchés tant vers le Nord que vers l'Est.

De l'organisation administrative et financière des mines et usines en Autriche.

Le mode d'existence des mines en Autriche s'est profondément transformé depuis quelques années; ces modifications ont réagi très-énergiquement sur la marche générale de l'industrie du fer. Nous dirons donc, en commençant, quelques mots sur cette révolution, pour n'avoir plus à y revenir dans la suite.

Au commencement du siècle, et jusque vers 1865 à 1866, les mines et les usines se trouvaient toutes entre les mains de l'État ou de grands propriétaires fonciers.

L'État possédait les hauts fourneaux d'Eisenerz, de Hieflau, et les droits d'exploitation sur toute la partie inférieure de l'Erzberg de Styrie; Mariazell et Neuberg étaient également usines impériales.

Les autres hauts fourneaux appartenaient à des villes, à des bourgs, à des nobles ou même à de simples roturiers qui y joignaient des droits d'exploitation dans les forêts domaniales et communales.

Chacun possédait un gisement plus ou moins important de minerai et se contentait de l'exploiter pour ses propres besoins. Le manque de voies de communications aurait rendu tout commerce de minerai impossible, si même l'idée fût venue de considérer le minerai de fer comme susceptible de transactions.

Seule la partie supérieure de l'Erzberg de Styrie était possédée d'une façon indivise par un certain nombre de propriétaires de la vallée de Vordernberg, qui l'exploitaient en commun pour ensuite se partager les produits au prorata de la fabrication concédée à chaque fourneau.

En Carinthie, existait le même morcellement de la propriété minière; l'Erzberg était attaqué sur chacun de ses flancs, et les produits de ces exploitations grossières descendaient dans les différentes vallées pour alimenter les fourneaux de Mosinz, Heft, Lölling, Treibach, etc.

Une série d'autres gisements, aujourd'hui abandonnés pour la plupart, à cause de leur pauvreté ou de l'irrégularité de leur allure, approvisionnaient les autres fourneaux.

Les propriétaires exploitaient péniblement des filons souvent assez pauvres, pour pouvoir tirer parti de leurs forêts qui seraient restées sans cela entre leurs mains des biens sans valeur, faute de voies de transport.

Beaucoup de ces petits établissements, placés dans de mauvaises conditions, ont végété pendant un temps plus ou moins long, et se sont fermés quand les prix des fers ont baissé ou que les bois ont pu être utilisés d'une façon plus profitable.

Mais ceux qui avaient été créés sur des gîtes puissants, qui se sont trouvés entre les mains de propriétaires intelligents et entreprenants, se sont développés. Ils se sont transformés en introduisant les améliorations déjà adoptées à l'étranger ou dans d'autres parties du pays.

Ainsi ont été construits les fourneaux de Treibach qui, dès avant 1820, étaient élevés à 12 mètres de hauteur, et produisaient 13 tonnes par 24 heures.

Ce sont: le baron Dickmann et les Rosthorn, en Carinthie; MM. de Mayr, de Fridau, le prince de Schwarzenberg, en Styrie, et surtout l'ancien directeur de l'École des mines de Léoben, le Hofrath Peter von Tunner, qui ont provoqué, encouragé et dirigé ces transformations et améliorations.

De grands progrès avaient été réalisés; mais l'industrie métallurgique restait morcelée; elle n'était pas en état de satisfaire aux besoins croissants du pays. Les compagnies de chemins de fer, en particulier, devaient aller chercher à l'étranger tout leur matériel; c'était la France, et surtout

l'Angleterre et la Belgique, qui livraient presque tous les rails et les bandages, qui construisaient les ponts et les viaducs.

Cette situation était dure à l'orgueil national autrichien. Aussi, à la suite du grand désastre militaire de 1866 et de la réorganisation politique qui en fut la suite, l'idée de créer de grandes sociétés industrielles se développa très-rapidement.

On voyait prospérer les usines que possédaient les compagnies de chemins de fer: celles de Gratz et de Reschitza, qui étaient sous la direction d'étrangers, Anglais ou Français. On voulut suivre cet exemple, et en quelques années se fondèrent de puissantes sociétés.

Sur quelques points, les grands propriétaires mirent en commun leurs intérêts en apportant chacun leurs forêts et leurs usines, qu'ils échangèrent contre un certain nombre d'actions. Tel est le cas de la compagnie de Hüttenberg.

Mais les apports de chacun furent évalués à des taux fort élevés, de sorte que ces compagnies eurent de suite un capital excessif.

Ailleurs, quelques propriétaires unirent aussi leurs propres usines, puis rachetèrent à l'État celles qu'il possédait. Telle est l'origine de la compagnie d'Innerberg.

Enfin c'est une compagnie purement financière qui acheta de l'État les usines impériales de Neuberg et Mariazell.

Pour répondre à leur but, ces compagnies durent modifier profondément leur outillage et se mettre sur le pied des grandes usines des autres pays. Elles ont donc dû emprunter des sommes considérables. De sorte que ces sociétés, chargées d'un capital-actions déjà trop lourd, se sont trouvées forcées d'y ajouter des obligations pour 6, 8 et 10 millions de francs.

Nous aurons souvent à reparler de ces grandes compagnies, qui subsistent aujourd'hui presque seules; nous les passerons donc rapidement en revue, en indiquant leurs principales propriétés :

1° *K. K. priv. Actien Gesellschaft der Innerberger Haupt gewerkschaft.* (Compagnie d'Innerberg.)

Fondée en 1868. Le capital-actions est de 15 millions et demi de florins et le capital-obligations de 6 millions de florins. Cette compagnie possède :

Sept hauts fourneaux au charbon de bois à Eisenerz, Hieflau, etc.;

Deux hauts fourneaux au coke (Schwechat, près Vienne);

La partie inférieure de l'Erzberg de Styrie;

Des domaines de 121.000 hectares, dont 98.000 hectares de belles forêts;

Les importantes mines de houille d'Oslawan, en Moravie.

Depuis le 1er juillet 1872, elle possède aussi l'usine de puddlage et laminage de Franz de Mayer, près de Léoben, et la fabrique d'acier fondu de Kapfenberg, ainsi que plusieurs autres petites usines.

Le capital social a ainsi atteint 25 millions de florins, soit 60 millions de francs.

2° *Hüttenberger Eisenwerks - Gesellschaft.* (Compagnie de Hüttenberg.)

Fondée en 1869, au capital social de 15 millions de florins, auquel est venue se joindre une somme de 4 millions de florins en obligations, cette compagnie possède 10 hauts fourneaux au charbon de bois (Heft, Lölling, Treibach, etc.) et 1 haut fourneau au coke (Prävali).

Tout le gisement de l'Erzberg carinthien lui appartient, ainsi que 18.000 hectares de terrain, dont 15.000 recouverts de belles forêts.

Les mines de lignite de Liescha et les usines de Prävali, Buchscheiden, etc., ainsi que de grands marais tourbeux, font également partie de ce groupe.

3° *Neuberg-Mariazeller Eisenwerks-Gesellschaft.* (Compagnie de Neuberg-Mariazell.)

Fondée également en 1869, au capital de 8 millions de florins, cette compagnie a émis pour 3 millions de florins d'obligations.

Elle possède 6 hauts fourneaux au charbon de bois, les grandes fonderies de Mariazell, l'usine Bessemer-Martin et les laminoirs de Neuberg.

L'État lui a accordé le droit de s'approvisionner de bois dans les forêts domaniales.

Les mines de Gollrad-Altenberg-Bohnkogel fournissent de minerais les fourneaux.

A côté de ces trois grandes compagnies, qui ne sont que le produit du groupement d'importantes usines anciennes, se sont formées d'autres compagnies qui ont presque tout créé ou au moins tout transformé dans leurs usines.

Ce sont : la *Steyerische Eisen-Industrie Gesellschaft*, qui a ouvert de grands travaux de recherches autour d'Eisenerz, qui a construit deux grands fourneaux et une usine Bessemer à Zelltweg, et a développé l'exploitation des lignites de Fohnsdorf;

La compagnie de Ternitz, qui a construit coup sur coup trois groupes de cornues Bessemer, pour traiter des fontes de toutes provenances, et qui s'est montée pour laminer des rails et des bandages en acier, etc.

D'autres compagnies, enfin, ont entrepris simplement de développer des usines existantes : telles sont les compagnies de Vordernberg-Köflach, de S. Egydi-Kindberg, de Judenburg, etc.

Toutes se ressemblent par la valeur élevée de leur capital social.

A côté de ces compagnies, toutes de création récente, et des forges de la Südbahn (usine Haswell, à Vienne; usine Hall, à Gratz), existent encore quelques établissements particuliers qui ont résisté aux tentatives de fusionnement; telles sont, en Carinthie, les usines du comte Lodron (près

Gmünd) et celles du comte Egger (Lippitsbach, etc), où ont aussi été accomplis d'assez grands progrès.

Quant aux nombreux feux d'affinerie éparpillés le long des cours d'eaux, ils sont presque tous abandonnés et en ruine.

La rareté du charbon de bois a fait disparaître cette industrie locale, autrefois si prospère.

Combustibles.

L'industrie du fer, dans la région des Alpes, reposait jadis presque essentiellement sur l'emploi du combustible végétal, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire.

Fondés dans la montagne, à flanc de coteau, sur le gîte métallifère lui-même, les fourneaux des anciens fabriquaient de simples loupes ferreuses; des soufflets à bras injectaient l'air nécessaire à la combustion. Plus tard, les fourneaux furent établis dans le fond des vallées, au bord des cours d'eau, pour pouvoir utiliser la force hydraulique comme moteur des souffleries. Ils brûlaient les bois que le flottage, en été, le schlittage, en hiver, pouvaient amener des hauteurs voisines.

L'étendue et la richesse forestière de cette zone d'approvisionnement, d'une part; la puissance et la constance des cours d'eau, d'autre part, réglaient la production des fourneaux et la durée de leurs campagnes.

Quand les progrès dans l'art du constructeur et du fondeur permirent d'élever et de conduire des fourneaux marchant plus de huit à dix mois, et que la force hydraulique s'y prêta, on chercha à augmenter la production en centralisant les bois sur certains points. On les amenait, par flottage, des hautes vallées jusqu'à l'entrée de celle où se trouvait l'usine. Une place permanente de carbonisation était créée sur ce point, et les charbons de bois étaient re-

montés jusqu'aux fourneaux groupés autour des dépôts de minerai.

Telle est l'origine des grands ateliers de carbonisation de Hieflau, à l'entrée de la vallée d'Eisenerz, et de Bruck, à l'entrée de celle de Vordernberg.

Tandis que dans les autres pays (Angleterre, France, Allemagne) la fabrication de la fonte au charbon de bois disparaissait et que ce combustible était réservé à l'affinage, l'Autriche était forcément obligée de suivre une marche inverse.

Les pays que nous venons de nommer possèdent des houilles à coke de bonne qualité, sinon partout sur les gîtes métallifères eux-mêmes, au moins le plus souvent à une distance peu considérable.

La transformation était donc naturelle, et elle était forcée, si l'on voulait donner réellement un grand essor à la production.

Pour l'Autriche, les conditions sont bien différentes. Dans toute la Styrie, la Carinthie et en général dans toute la partie de l'empire au sud des Alpes, point de combustible pouvant donner du coke. Et même, sur le versant nord des Alpes, il faut encore traverser toute la Moravie pour trouver à la frontière nord-ouest de l'empire, dans la petite partie de la Silésie que Frédéric le Grand n'a pas ravie à Marie-Thérèse, un combustible capable d'alimenter les hauts fourneaux. Ce sont 550 kilomètres qui séparent Eisenerz d'Ostrau. L'établissement des lignes ferrées et l'abaissement des tarifs n'ont même pas encore permis de faire concourir, d'une façon notable, à un même but, ces deux gîtes si éloignés l'un de l'autre.

L'industrie n'était cependant pas réduite à compter uniquement sur les bois. Pauvres en houille, les vallées alpines sont, au contraire, plus riches qu'aucune autre partie de l'Europe en lignites de toutes sortes, depuis les bois à peine fossilisés (Köflach) jusqu'à des matières que leur nature

non collante séparée seule des houilles, mais dont la puissance calorifique égale presque celle des houilles à longue flamme, et dont la pureté est très-grande (Leoben).

Ces combustibles sont excellents pour brûler sur grilles, mais on n'avait pas réussi, jusqu'à ces dernières années, à les utiliser dans les fours à cuve. Ils étaient donc désignés pour les opérations de puddlage et de réchauffage, et en général pour tous les traitements où intervient le four à réverbère, tandis que pour les fours à cuve il ne restait que le charbon de bois.

Aussi, de très-bonne heure, dès que les bois devinrent plus rares, la formule générale de la métallurgie du fer en Autriche fut :

Production de la fonte au charbon de bois ;

Transformation de la fonte en fer au moyen de combustibles inférieurs (lignites et tourbes).

C'était à cette méthode que conduisaient irrésistiblement l'état des forêts et les propriétés des combustibles minéraux. Longtemps les foyers d'affinerie ont résisté ; mais, devant les prix élevés auxquels les hauts fourneaux ont consenti à payer les charbons, les foyers se sont éteints peu à peu ; ils ne subsistent plus que pour quelques fabrications spéciales (tôles fines, fers-blancs, aciers fins), et encore leur nombre est-il extrêmement faible.

Les bois, même monopolisés pour la fabrication de la fonte, même exploités sans prévoyance pour l'avenir, ne suffisent plus pour satisfaire aux besoins du pays. Quoique amenés en partie de 200 kilomètres de distance par chemins de fer, les charbons de bois sont en quantité trop faible pour alimenter la consommation.

Depuis bien des années déjà, M. Tunner avait prévu le résultat vers lequel on marchait à grands pas ; il voyait l'arrêt irremédiable que subirait l'industrie du fer si elle ne transformait pas ses méthodes. Dans ses nombreuses publications, dans ses communications aux sociétés sa-

vantes de Styrie et de Carinthie, il avait toujours insisté sur la nécessité absolue d'en venir le plus tôt possible à l'emploi du coke dans de grands fourneaux, construits avec toutes les conditions indiquées par l'expérience pour la bonne utilisation des combustibles.

Comme complément, il demandait l'emploi des lignites les plus purs dans les fourneaux à cuve, en mélange, en certaine proportion, avec du coke ou du charbon de bois. Ces essais ont été tentés dans ces dernières années. Nous aurons à en reparler en détail ; mais avant tout, passons rapidement en revue ces richesses forestières et minérales qui alimentent aujourd'hui l'industrie autrichienne.

Forêts.

Les forêts couvrent encore près du tiers (31 p. 100) de la superficie totale de l'Autriche. Dans les pays du royaume de Hongrie, leur étendue proportionnelle est un peu moindre, mais atteint encore 29 p. 100 de la superficie totale.

Les bois sont essentiellement d'essences résineuses dans toute la chaîne des Alpes et ses nombreux contre-forts. Dans les plaines de Hongrie, les chênes, les hêtres et en général les essences feuillues sont abondants ; mais dès que le pays s'élève, comme dans le Banat, les essences résineuses reparaissent.

Les méthodes d'exploitation des forêts sont, en Autriche, totalement différentes de ce qu'elles sont en France.

Partout les bois de haute futaie tiennent lieu de nos taillis ; les petits bois, les branchages, tout ce qui, chez nous, sert seul à la fabrication du charbon de bois, est abandonné, brûlé sur place ; les gros bois seuls sont utilisés pour la carbonisation.

C'est là une pratique qui peut paraître très-barbare, qui l'est en réalité dans certains cas, mais qui cependant est une nécessité la plupart du temps.

Dans ces pays de montagnes, à vallées étroites et profondes, à parois rocheuses, souvent abruptes, les routes sont peu nombreuses, et il ne pourrait être question de carboniser en forêt et de transporter, comme chez nous, les charbons de bois en bannes. Il faut recourir à des moyens de transport plus expéditifs. Les troncs ébranchés, écorcés sur place, sont lancés le long des pentes et roulent jusqu'au torrent, si l'inclinaison est assez roide. Si elle l'est moins, s'il faut franchir des vallons intermédiaires, contourner des mamelons, on construira des glissières à pente uniforme sur lesquelles le bois, une fois engagé, descend sans difficulté.

Ce sont des glissières sèches, grossièrement construites, si la pente est suffisante; ce sont des glissières à courant d'eau, si la pente est moindre.

Enfin, suivant les conditions locales, les bûcherons, les forestiers, savent toujours faire arriver les gros bois à peu de frais jusqu'à la rivière. Mais les troncs seuls d'un certain diamètre sont assez lourds pour descendre ainsi. Tout le reste est abandonné, brûlé en forêt ou laissé à l'action lente de la pourriture.

Arrivés au fond de la vallée, qui n'est souvent qu'une vallée secondaire, parcourue par un faible courant d'eau, les bois s'arrêtent et s'entassent.

Pour les mener plus loin, il faut de nouvelles dispositions. Ici la question des frais est moins prédominante : si l'on commence à déboiser le flanc d'une montagne, on a devant soi bien des années de travail; on peut donc entreprendre une construction de quelque importance. On établira de distance en distance, avec des troncs d'arbres entre-croisés, solidement assemblés et bourrés de terre et de pierres, des barrages pour retenir les eaux.

Au bas de la vallée, c'est un barrage à claire-voie qui arrêtera les bois, tout en laissant passer les eaux, quand

eau et bois arriveront tumultueusement ensemble lors de la levée des écluses du barrage supérieur.

Ces barrages s'échelonnent le long de la rivière, et les bois sont ainsi lancés d'un point à un autre jusqu'à ce qu'ils arrivent à proximité du point où sont créées les places de carbonisation.

Repêchés au moyen de gaffes, entassés à nouveau pour se sécher, les bois sont bien loin de valoir à leur arrivée autant qu'à leur départ. Profondément imbibés par ce long séjour dans l'eau, meurtris, usés à tous les angles, ils ont perdu beaucoup de leurs qualités.

Nous avons dit tout ce que l'on perdait en laissant en forêt ce qui, en France, ferait seul du charbon ; mais la perte au flottage est plus forte encore. Elle atteint en moyenne près de 25 p. 100 pour les bois qui arrivent par flottage au grand barrage de Hieflau.

Il est vrai qu'une partie de ces bois ont parcouru 60 à 80 kilomètres d'un pays alternativement abrupte, inaccessible, ou habité par une population qui trouve, malgré toute la surveillance possible, non-seulement son chauffage, mais aussi une source de revenus, dans les épaves qui s'échouent tout le long des rives.

Ces glissières, ces barrages, tout cet aménagement existe plus ou moins complet dans la plupart des hautes vallées. Mais c'est dans la vallée supérieure de l'Enns jusqu'à Hieflau, et dans celle de la Salza jusqu'à Neuberg que ces dispositions sont les plus remarquables.

Le même mode d'exploitation a été introduit dans le Banat, et c'est grâce à ce système très-bien entendu d'éclusées successives que la Berzava, rivière presque à sec la plus grande partie de l'année, arrive cependant à transporter annuellement plus de 120.000 stères de bois jusqu'auprès de Reschitza, où sont les places de carbonisation (c'est une distance moyenne de 36 kilomètres).

Ainsi les coupes complètes — à blanc étoc — sont seules

pratiquées sur tous les points de l'Autriche; opérer autrement n'aurait pas de raison d'être ni d'utilité pratique, car les réserves que l'on garderait, soit pour fournir des bois plus forts, soit pour l'ensemencement, dans le cas d'essences feuillues, ne résistent ni aux températures extrêmes de l'été et de l'hiver, ni aux vents impétueux de ces pays montagneux. Les réserves sont brûlées par l'ardeur du soleil et la rigueur du froid, ou arrachées et brisées par les orages. On l'a vu par expérience à plusieurs reprises.

Mais une forêt ainsi rasée ne repousse que bien lentement; ce n'est qu'après 60 à 80 ans au plus tôt que les bois sont de nouveau exploitables.

On comprendra sans peine que les montagnes de la Styrie et de la Carinthie, mises ainsi à contribution, avec une telle avidité depuis plus de vingt ans, soient déjà partiellement déboisées.

Aussi rien n'est plus triste que de voir les grandes places de carbonisation de Hieflau et de Neuberg, qui furent jadis si actives, aujourd'hui presque désertes.

Les barrages sont toujours là; mais les vallées n'ont plus à livrer qu'une faible partie des bois que demande l'industrie.

Ce sont les chemins de fer qui amènent aujourd'hui les charbons de bois de tout le sud de l'Autriche, de la Carniole, de la Dalmatie, de la Croatie, d'une distance qui dépasse parfois 250 kilomètres. Mais la richesse forestière de ces pays est loin de valoir celle de la Styrie et de la Carinthie.

Ces provinces méridionales ne pourront que pendant peu de temps satisfaire aux besoins, surtout si une période d'activité comparable à celle des années 1870 à 1873 venait à renaître.

Il est certain que si l'on continuait un certain nombre d'années à absorber les bois aussi rapidement, il arriverait un moment de crise, crise longue à passer, pendant la-

quelle on ne pourrait rien couper, les bois même âgés de quarante et cinquante ans étant trop jeunes pour être exploités.

En France, nous n'avons jamais connu une pareille crise, parce que nos essences feuillues, la nature plate du pays et le climat plus tempéré ont permis l'exploitation par taillis. C'est cette crise, vers laquelle on marche à grands pas en Autriche, que redoutent les esprits prévoyants, et dont la crainte les excite à pousser de toute leur énergie à l'emploi des combustibles minéraux.

Avant d'aborder ces combustibles minéraux, voyons rapidement ce que peuvent produire les forêts et ce que les gros bois peuvent donner en charbon.

Les plus belles forêts de Styrie donnent 475 mètres cubes de bois par hectare; quand elles produisent 350 à 380 mètres cubes elles sont encore considérées comme belles.

La production moyenne par hectare est de 250 à 280 mètres cubes de bois. On obtient donc au maximum 4 à 5 mètres cubes, et en moyenne 3 mètres cubes à 3 mètres cubes et demi par hectare et par an.

Les belles forêts vierges du Banat donnent 550 à 600 mètres cubes de bois à l'hectare (*).

Ces chiffres représentent la *production totale* en bois de l'hectare pendant la période que dure la révolution; car nulle part en Styrie il n'est question d'opérer, comme en France, des coupes d'éclaircies, des élagages, etc., ni d'exploiter des taillis.

C'est naturellement par le fait de la croissance même que se produisent les éclaircies; les arbres les plus faibles

(*) D'après Lorentz et Parade (*Culture des bois*), le produit d'un hectare de bois de chêne, âgé de 140 ans, serait de 389^{m3},5, et le produit total de l'hectare de forêt, coupes de régénération, éclaircies, etc., comprises, serait de 584 mètres cubes, soit un peu plus de 4 mètres cubes par an.

végètent, meurent, pourrissent, puis tombent et alimentent de leurs débris les sujets les plus vivaces.

Ainsi la production, au moment de la coupe, peut paraître élevée; mais la *production moyenne annuelle* est faible relativement à ce que l'on obtient en France, grâce à l'aménagement des forêts.

Il est essentiel de le remarquer : ce que le sol, le climat, la configuration du pays permettent chez nous ne serait pas réalisable dans une région montagneuse, difficilement abordable et exposée à des ouragans impétueux.

La carbonisation sur les places centrales vers lesquelles affluent les bois par flottage se fait toujours en meules rondes, qu'on appelle aussi meules debout ou meules italiennes, car ce système de dressage a été importé d'Italie en Styrie vers le commencement du siècle (*).

Quand la carbonisation se fait à l'entrée des vallées secondaires, il est souvent difficile de trouver une place horizontale de diamètre suffisant. C'est cette cause qui avait rendu général autrefois l'emploi des meules couchées ou meules longues.

Jusque vers 1837, à Hieflau, et plus tard encore sur d'autres points, on carbonisait en grandes meules rondes contenant 300 et même 500 à 600 stères de bois. Mais, à la suite d'expériences prolongées, on en est venu à voir que les meules de dimensions moyennes (150 à 200 stères) étaient préférables sous le rapport du rendement. Ces dernières meules sont seules en usage maintenant.

Dans le Banat, ce sont à peu près les mêmes meules; elles contiennent 150 mètres cubes de bois (vides compris) ou 110 à 112 mètres cubes de bois massif. Elles ont 16 mètres de diamètre et $4^m,50$ de hauteur.

La couverte est formée de deux couches : la première

(*) Voir le mémoire de M. L. Gruner, *Annales des mines*, 3e série, t. VII, p. 3. 1835.

de 8 centimètres d'épaisseur de feuilles et menues brindilles, la seconde de 20 centimètres de fine braise.

La carbonisation dure de 16 à 18 jours.

Elle est remise à l'entreprise à des groupes de deux hommes et un gamin, qui sont chargés de trois meules.

Tandis que l'une est en dressage, l'autre est en feu, et la troisième en défournement.

Le charbon livré est payé à raison de 8 à 9 centimes l'hectolitre.

Comme moyenne de dix-huit ans, on est arrivé, dans le Banat, à employer 2 stères,15 de bois par mètre cube de charbon produit (*).

En Styrie, on compte que le charbon de bois obtenu pèse de 20 à 22 p. 100 du poids du bois employé; 20 p. 100 dans le cas des meules couchées; 22 p. 100 dans le cas des meules rondes de dimensions moyennes.

Le mètre cube de charbon de bois pesant 115 à 118 kilog. et le mètre cube de bois 520 à 540 kilog.

Combustibles minéraux.

Les combustibles minéraux, en Autriche, correspondent à cinq grandes périodes géologiques. Les combustibles de chaque période présentent des caractères très-distincts, très-accentués. En prenant à partir de l'époque la plus ancienne, on trouve :

1° La formation houillère proprement dite;
2° — liasique et triasique;
3° — crétacée;
4° — éocène;
5° — néogène (miocène et pliocène).

1° *Formation houillère proprement dite.* — Ce n'est

(*) En France, il faut 2st,35 à 2st,50 de bois de taillis de 25 ans par mètre cube de charbon de bois.

guère qu'en Moravie, en Bohême et dans la petite portion de la Silésie, que la guerre de Sept Ans a laissée à l'Autriche, que nous rencontrons la formation houillère riche en couches exploitables.

En Bohême, le bassin le plus important est celui de Schlan-Kladno-Rakonitz, situé au nord-ouest de Prague, à 26 ou 28 kilomètres, suivant une direction presque parallèle à l'Erz-Gebirge (NE-SO).

Sa production s'est développée très-rapidement par le fait de la construction des chemins de fer.

En 1855, l'extraction n'atteignait que 20.000 tonnes.

En 1871, elle était déjà montée à 1.400.000 tonnes, et les travaux d'avenir étaient poussés avec la plus grande activité.

Plus de 7.000 ouvriers travaillent dans ces mines; ce qui donne une production moyenne de 190 tonnes par homme et par an (chiffre à peu près identique à celui donné par le mineur dans le bassin de Saint-Étienne).

L'exploitation est partout concentrée dans une seule couche d'une puissance variable de 6 à 12 mètres. Elle est recouverte d'une alternance de grès houillers à grain fin et d'argiles schisteuses renfermant du minerai de fer carbonaté lithoïde, et quelques couches d'une importance presque nulle.

Les travaux s'étendent vers 280 et 300 mètres de profondeur; mais plusieurs puits ont déjà dépassé 400 mètres.

Le bassin d'Ostrau-Oslawan, en Moravie et Silésie, situé à l'extrême frontière N.-O. de la monarchie, ne le cède en importance qu'au bassin de Kladno. Et ce n'est pourtant que l'extrémité méridionale de cet immense gisement qui fait la richesse de la Silésie prussienne.

Ce bassin se fait remarquer par le nombre considérable de ses couches; on en compte plus de 250, dont 117 exploitables, d'une puissance variant de 1 à 4 mètres, et formant une épaisseur totale de plus de 110 mètres.

C'est le district autrichien où l'exploitation a fait le plus de progrès et où se rencontrent les plus belles installations comme machines d'extraction, ventilateurs, appareils de triage et de lavage.

Quoique les travaux ne soient pas encore très-profonds (rarement à plus de 250 mètres), la production moyenne par ouvrier est faible : elle n'est que de 115 tonnes par an, moins même qu'en Belgique. Il faut dire, il est vrai, qu'il y a un grand nombre de femmes et d'enfants occupés dans les travaux accessoires.

A côté de ces deux grands bassins s'en trouvent quelques petits sur différents points de la Bohême, généralement aux points où vient affleurer le grès rouge ou le terrain houiller sortant de dessous la grande nappe crétacée.

L'existence de ces nombreux affleurements du terrain houiller peut faire espérer que les couches de houilles existent exploitables, sinon partout, au moins dans une grande partie de la plaine de la Bohême.

Des études très-complètes ont été faites par la K. K. Geolog. R. Anstalt pour déterminer l'allure probable des couches du terrain houiller et la profondeur à laquelle on aurait quelque chance de le rencontrer.

C'est à la suite de cette étude qu'a été commencé le sondage de Böhmisch-Brod (au sud de Prague), qui est arrivé si rapidement à renverser tous les calculs en montrant l'énorme épaisseur que pouvait prendre le grès rouge. Un accident l'a si longtemps arrêté, que l'existence du terrain houiller n'a même pas pu être constatée. En tous cas, la présence, au sud de Prague, de couches *actuellement* exploitables dans de bonnes conditions économiques est dès maintenant résolue négativement par la grande profondeur qu'a déjà atteinte le trou de sonde. Mais la compagnie de la Staatsbahn pense à l'avenir et veut à tout prix arriver à résoudre la question.

En dehors de la Bohême, les petits bassins houillers de

Turrach (Styrie), de Tsekül (Banat) sont tout ce que possède l'Autriche.

2° *Formation triasique et liasique.* — Dans le trias et le lias, il existe, en Hongrie, un combustible bien plus récent d'origine que les houilles, et qui en présente cependant tous les principaux caractères. Il fournit en particulier un bon coke métallurgique, ce qui le distingue complétement des lignites, auxquels on le rapporterait, si l'on se basait sur la position géologique.

Les principaux gisements sont Fünfkirchen, non loin de Pesth, et Steierdorf dans le Banat.

A Fünfkirchen, affleurent plus de vingt-cinq couches exploitables, avec une épaisseur totale de plus de 30 mètres. — Les affleurements forment une bande étroite de 8 à 900 mètres, que l'on peut suivre sur 15 kilomètres de longueur.

Les cokes ont été employés à Prävali. Mais presque toute la houille est utilisée par la navigation à vapeur du Danube, de la Drave, de la Save et de la Theiss.

Les charbons de Steierdorf font marcher les usines de l'Anina ou, descendant par le beau et hardi chemin de fer construit par notre regretté compatriote Dubocq, alors directeur des domaines du Banat, alimentent la navigation du bas Danube et les locomotives pour la section hongroise méridionale.

En descendant le Danube, entre Belgrade et Bazias, on voit sur plusieurs points des entrées de galeries et des haldes; mais, sur aucun point, on n'a encore signalé de gisements puissants et réguliers.

Dans le Wiener-Berg, près de Wiener-Neustadt, se rencontrent de tous côtés de petites exploitations; mais elles suffisent à peine à alimenter l'industrie locale.

3° *Formation crétacée.* — Métallurgiquement parlant,

cette formation est stérile, car les quelques lignites noirs (Schwartz-Kohle) qu'elle renferme sont tous consommés sur place.

C'est encore aux environs de Wiener-Neustadt que ce combustible a été le plus exploité.

4° *Formation éocène.* — Tous les combustibles plus récents que ceux que nous venons de passer en revue, et les derniers eux-mêmes, seraient désignés en France sous le nom unique de *lignites.*

Ils donnent par calcination un produit très-friable, qui a gardé la forme du fragment initial; la poussière des lignites est en général d'un brun plus ou moins foncé.

En Autriche, on en distingue plusieurs catégories, plutôt d'après l'aspect et la texture que d'après l'âge géologique; ce sont :

Le *Schwartz-Kohle* ou lignite noir, à cassure conchoïdale et éclat brillant;

Le *Braunkohle* proprement dit ou lignite *brun*, dont la texture fibreuse n'est que partiellement altérée;

Enfin le *Lignit* ou *bois fossile* proprement dit, souvent à peine altéré. Les troncs et toutes les fibres du bois sont si bien conservés que l'essence des arbres est facile à reconnaître.

Suivant les provinces, les lignites se rencontrent à des niveaux très-différents de la formation éocène.

En *Istrie*, ils se trouvent au milieu des schistes de Cosina, au-dessous des calcaires nummulitiques.

Dans la *basse Styrie*, aux environs de Marbourg, ils sont directement au-dessus de la craie à hyppurites, et dans des conditions telles, qu'ils ont même été longtemps regardés comme néogènes.

L'un des gisements de combustibles minéraux qui est exploité depuis le plus long temps, celui de *Häring*, en Tyrol, appartient à ce groupe. C'est le voisinage des salines

de Hall qui a de bonne heure provoqué le développement de ces travaux.

Les points où des lignites de cette période ont été reconnus et des travaux entamés, sont nombreux, et cependant la production n'atteint pas 100.000 tonnes par an.

En Hongrie, entre *Ofen* et *Gran*, existent quelques exploitations plus importantes, qui produisent environ le double.

Mais si l'on veut connaître les véritables richesses sur lesquelles l'Autriche peut fonder ses espérances pour son développement industriel, il faut se rapprocher encore de la période actuelle.

5° *Période néogène.* — C'est à cette époque géologique que l'Autriche doit ses plus grandes richesses en combustibles.

Par ses qualités, ce combustible reste bien au-dessous des houilles; mais c'est l'énorme épaisseur de ses couches, c'est son existence sur tous les points de la monarchie, et surtout au voisinage des grands gisements ferrifères, qui en fait l'importance capitale.

Sur tous les bords de la grande mer qui couvrait la plus grande partie de l'Autriche pendant la période tertiaire, dans presque tous les golfes et les baies, dans les nombreux lacs d'eau douce qui couvraient les portions émergées du continent, se rencontrent des couches de lignites.

Elles se succèdent à tous les niveaux de cette longue période, et présentent des aspects très-divers.

Ce sont à la fois les beaux lignites noirs, compactes, denses de Léoben, dont la puissance calorifique égale celle de bien des houilles, et les bois fossiles de Köflach, que l'ébénisterie emploie encore, et que les forges viennent aussi chercher en abondance pour chauffer les fours à puddler et à réchauffer.

Ce sont même ces masses fibreuses, spongieuses (*Moor-*

hohle), qu'on classerait plus volontiers parmi les tourbes les plus récentes et les plus médiocres.

Presque aucune province n'est privée de cette ressource : en Bohême, les lignites, comme les houilles proprement dites, présentent un grand développement.

Ce sont les bassins d'Eger-Falkenau, Tœplitz Aussig-Dux, etc., qui produisent près de 3 millions de tonnes par an.

En Moravie, en Galicie, dans la haute et la basse Autriche, en Hongrie, les gisements sont nombreux, les exploitations actives et prospères, sur les points où l'ouverture de chemins de fer a permis l'exportation.

Mais, pour le moment du moins, cette exportation ne se fait guère vers la Styrie, qui est elle-même richement pourvue et qui suffit même en grande partie à alimenter la Carinthie. Cette contrée est peut-être, de toutes les provinces autrichiennes, la plus complétement privée de tout combustible minéral ; à moins que l'on ne veuille donner ce nom aux tourbes qui sont sa seule richesse, en dehors des bois.

Arrêtons-nous un peu plus longtemps sur la Styrie.

Dans la partie du N.-E. de la Styrie, le long de la vallée de la Mürz, se rencontrent sur bien des points, en particulier aux environs de Krieglach, de Bruck, et dans des vallées latérales, des lentilles plus ou moins grandes, plus ou moins riches, contenant souvent plusieurs couches exploitables, mais les lentilles elles-mêmes sont de faible étendue.

Le long de la vallée de la Mur, en la remontant à partir de Bruck, point où elle reçoit la Mürz, se rencontrent tout d'abord les mines de Leoben-Seegraben.

Ce bassin est, ou plutôt aurait pu être, le plus important de la Styrie. Je dis : aurait pu être, car la moitié seulement a pu jusqu'ici être reconnue; une grande faille, coupant la lentille suivant son grand axe,

semble avoir reporté l'une des moitiés à une grande profondeur, de telle sorte que son existence est encore hypothétique.

Réduit à la moitié, sur la rive gauche de la Mur, le bassin est déjà d'une importance considérable.

Malheureusement, avec l'activité des travaux, le gisement actuellement connu sera rapidement épuisé. Des concessions ont couvert toute l'étendue où l'on présume que peut exister le prolongement des couches, mais les travaux de recherches n'ont pas encore été poussés à une profondeur suffisante.

Il n'existe qu'une seule couche exploitable, dont l'épaisseur varie de 4 à 12 mètres.

Plus loin, en amont, entre Knittelfeld et Judenburg, reparaissent les couches tertiaires, un moment interrompues par le massif serpentineux de Kraubach. Mais la couche de lignite ne reprend de l'importance qu'en un point, vers Fohnsdorf, où elle atteint jusqu'à 10 mètres de puissance. Ce lignite ne vaut pas celui de Léoben. Ici encore, l'étendue de la couche, son prolongement sous le centre de la vallée sont incertains : des sondages nombreux peuvent seuls fixer sur ce point.

Plus haut, le long de la Mur, les terrains tertiaires n'apparaissent plus que par place et sur de faibles épaisseurs.

En aval de Bruck, par contre, aux environs de Gratz, nous retrouvons d'importants gisements.

C'est avant tout sur un petit affluent de la Mur, la Salla, l'immense dépôt de bois fossile de Köflach.

Au milieu de cette grande couche parfaitement horizontale, et d'une épaisseur qui atteint jusqu'à 40 mètres, les anciens ont procédé comme aux environs de Paris, dans les carrières de gypse. Ils ont tracé de grandes galeries à sections ogivales, abandonnant les piliers de droite et de gauche.

Dans ces anciennes galeries, circulent maintenant les

trains de chemin de fer avec leurs locomotives. Les wagons viennent souterrainement rejoindre de grandes exploitations à ciel ouvert.

Point de frais de boisage pour toutes ces galeries, qui tiennent sans aucun soutènement; et, grâce à la configuration du sol, pas de frais d'épuisement.

C'est une grande exploitation par gradins droits. La superficie de cette couche est de plus de 5.000 hectares.

Léoben, Fohnsdorf, Köflach, telles sont les trois richesses du pays. Il faut cependant encore citer, plus au sud, près d'Eibisvald, un bassin d'une certaine importance, et plus bas encore, toute une série de petits bassins qui se relient à ceux de la Carniole.

En Carinthie, Liescha, près de Prävali, est le seul point où nous rencontrions des lignites.

Aussi Prävali est-elle la seule forge importante du pays.

Dans tous les pays, l'exploitation des combustibles minéraux a subi, depuis une vingtaine d'années, un rapide accroissement, mais il n'en est guère en Europe où cet accroissement ait été aussi rapide qu'en Autriche ; ainsi :

En 1818, l'extraction n'atteignait encore que	85.000	tonnes.
En 1828, elle montait à.	152.000	—
En 1838, à.	300.000	—
En 1848, à.	838.000	—
En 1858, à.	2.600.000	—
En 1868, à.	6.300.000	—
En 1873, à.	9.170.000	—

Les chemins de fer, en rapprochant les différents gisements que la nature a dispersés sur toute la vaste étendue de la monarchie, ont donné à toutes les industries un puissant développement.

Comparée à celle d'il y a dix ans, la production de ces dernières années semble considérable. Mais qu'elle est faible en réalité, vis-à-vis de celle des pays tels que l'An-

gleterre, la Belgique, la France, qui tous ont une superficie territoriale bien moindre.

Malgré ces nombreux gisements, le manque de combustible se fait sentir encore sur bien des points de l'empire, et il n'est pas de matière trop ordinaire pour que les usines à fer elles-mêmes puissent les négliger. C'est ainsi que les tourbes, et même les tourbes les plus récentes, les plus légères, sont recueillies et utilisées dans les foyers métallurgiques.

La Carinthie n'a hérité des époques passées presque aucun gisement de combustible ; plus favorisée dans l'époque actuelle, elle possède de nombreux et puissants bancs de tourbe qui sont activement exploités.

Très-variable d'aspect, la tourbe présente tous les degrés d'altération, depuis la tourbe fibreuse légère (Fasertorf) jusqu'à la tourbe compacte (Spechtorf) ; la première d'un blond clair, la seconde d'un brun presque noir.

Souvent très-pure et ne donnant que 2 à 3 p. 100 de cendres, elle est toujours difficile à dessécher dans ce pays montagneux, où l'été tarde à venir, et où de fréquents orages, accompagnés de violentes pluies, détruisent souvent l'effet des plus chaudes journées.

Les moyens les plus divers ont été essayés pour tirer le meilleur parti des tourbes. Exploitées à la pelle ou au louchet quand le desséchement, au moins partiel, a pu être obtenu ; au grand louchet ou à la drague quand les eaux n'ont pu être détournées, les tourbes sont toujours séchées d'abord à l'air. Sur plusieurs points, on a voulu obtenir une expulsion plus complète de l'eau, et l'on a employé, aux usines mêmes, les appareils de dessiccation et de torréfaction qui ont souvent été décrits.

Quelques-uns de ces appareils subsistent encore, mais l'emploi de la tourbe brute dans les générateurs, pour fours Siemens, prévaut de plus en plus. Partout on a installé quelque système de condensation. Le Lundin a eu

un moment un grand succès ; mais il a fallu abandonner ce système qui altère les eaux et détruit complétement les poissons, et le remplacer par un condenseur de surface plus ou moins compliqué. Seules, les usines qui sont à proximité de grands fleuves, comme la Drave, peuvent continuer à employer sans inconvénient l'appareil Lundin proprement dit.

L'épaisseur des marais tourbeux est généralement inconnue, mais très-grande. Dès que les tourbes sont recouvertes d'une couche d'eau, même peu épaisse, leur reproduction cesse ; elles s'élèvent cependant et, au bout d'un temps plus ou moins long, émergent de nouveau. C'est là le plus souvent un pur effet d'équilibre statique. La tourbe est essentiellement plastique, elle repose sur des fonds de glaise ; les points non exploités, plus lourds s'enfoncent légèrement et soulèvent les points où la pression est moindre. Ainsi la masse totale du marais est en mouvement continu, et la tourbe tend vers un état d'équilibre stable, que dérangent et modifient sans cesse les exploitations ouvertes sur un point ou sur un autre.

Minerais de fer. — Nature. — Gisement. — Exploitation.

Le principal, presque l'unique, minerai de fer qui se rencontre dans la région des Alpes, est le fer spathique (Spatheisenstein).

Les quelques exploitations de minerais de nature différente sont peu importantes et ne semblent pas offrir grand avenir.

Le fer spathique se présente sous les aspects les plus divers ; il a été plus ou moins modifié au moment de sa formation par la venue de matières calcaires ou siliceuses ; souillé par l'interposition de sable argileux ou la cristallisation intermoléculaire de talc ; décomposé par des actions chimiques postérieures.

Aussi plusieurs variétés de ce riche minerai ont-elles été méconnues par les anciens, qui ne considéraient guère comme minerai de fer que les parties du gîte colorées plus ou moins vivement en brun ou en rouge, mais rejetaient, malgré leur pesanteur, les roches voisines bleuâtres ou blanchâtres.

Il y a moins d'un siècle, ce choix exclusif des minerais altérés était encore fait presque partout, et ce n'est qu'après l'adoption des hauts fourneaux proprement dits à la place des petits demi-hauts fourneaux (Wolfsofen, Stückofen) que les minerais non altérés ont partout été repris et traités.

Si ce choix, motivé à l'origine par l'ignorance, a semblé une nécessité longtemps après que la vraie nature des roches que l'on délaissait fut connue, c'est que les minerais les plus riches semblent toujours être aussi les plus altérables. On le voit sur les anciennes haldes, à la sortie des galeries de mines. Au bout de quinze à vingt ans un fragment de minerai riche est profondément altéré, tandis qu'un fragment plus talqueux, plus calcaire, est à peine recouvert d'une mince croûte décomposée. Le noyau est resté intact et a conservé complétement sa couleur grise ou bleue primitive.

Actuellement, c'est ce fer spathique blanc non altéré qui, surtout en Styrie, est presque seul employé. En tous cas, les veinules de minerais suroxydés qui se rencontrent dans les exploitations ne sont même pas abattues séparément.

Pris dans son ensemble, le minerai peut être considéré comme contenant 85 à 90 p. 100 de carbonate de protoxyde de fer et 2 à 3 de protoxyde de manganèse. Quelques centièmes pour 100 de calcaire, de quartz, de schistes magnésiens, suivant les gisements, forment le surplus.

Ainsi la teneur en fer du minerai cru est, en moyenne, de 40 p. 100 de fer. Mais comme, par le grillage, la perte est de 25 à 30 p. 100, et que le grillage est presque général,

on peut dire que le minerai chargé au fourneau a une teneur de 50 p. 100.

Dans les gisements les plus importants, là où les lentilles sont puissantes et régulières, le minerai est très-pur. Il est rare d'y trouver des mouches de pyrite de fer ou de cuivre.

Quant aux pyrites arsenicales, antimoniales, à la galène, au cuivre gris, au cinabre, ce sont des curiosités minéralogiques; c'est à peine si l'on retrouve de loin en loin quelques cristaux de l'un de ces sulfures.

Dans les gîtes secondaires, comme nous aurons occasion de le voir à plusieurs reprises, il n'en est plus de même : la pyrite de fer principalement devient abondante; le grillage doit être conduit en conséquence pour arriver à la sulfatisation, et de longues expositions à l'air avec lavages répétés doivent permettre la transformation complète des sulfures en sulfates et leur élimination par voie de dissolution.

Le phosphore existe dans tous ces minerais spathiques; mais toujours en quantité extrêmement faible. Il est rare d'en trouver plus de $\frac{1}{100}$ p. 100.

En résumé, moins riches en manganèse que les fers spathiques du pays de Siegen, ceux de Styrie et de Carinthie sont plus purs; aussi donnent-ils des fontes très-tenaces et des fers de qualité supérieure dès que le travail est soigné.

Les minerais de Carinthie, plus spécialement siliceux, donnent des fontes plus siliceuses également; elles sont cependant résistantes et se trempent bien.

Gisement. — Les minerais spathiques existent dans le vaste intervalle qui s'étend entre les schistes micacés et les terrains secondaires; les roches de cette période sont connues en Allemagne sous le nom général et vague de *grauwacke;* elles comprennent les schistes et calcaires siluriens et dévoniens.

Les gisements de minerais se trouvent surtout dans les zones-limites de ces formations :

Ils sont, en Carinthie, au voisinage et en rapport avec les schistes cristallins anciens;

En Styrie, au contraire, ils se trouvent au contact des schistes de Werfen.

Il semble donc probable que le minerai de Hüttenberg appartient à la période des schistes primitifs, tandis que celui d'Eisenerz est dévonien supérieur.

La fixation certaine de l'âge de ces gisements est cependant difficile, car les fossiles font absolument défaut à Hüttenberg, et les quelques fragments trouvés à Eisenerz sont d'une authenticité qui a été révoquée en doute, au moins comme position précise.

Le minerai se présente presque toujours sous forme de lentilles assez aplaties, intercalées entre les strates du terrain; cependant, dans quelques cas, à Gollrad, par exemple, on a suivi et exploité depuis de longues années deux masses, l'une interstratifiée, tandis que l'autre recoupe nettement les couches, et a une plongée directement opposée à celle de la première.

La séparation du minerai et de la roche n'est généralement pas très-nette; il existe des zones imprégnées et modifiées; au contact des schistes, il s'est formé une couche généralement assez mince, friable, mélange de quartz et de calcaire ferrugineux, avec fragments de schistes empâtés; c'est ce que l'on nomme *Wilde spath.*

On appelle *Rohwand* la zone, souvent épaisse, de calcaire ferrifère qui présente toutes les compositions depuis le fer spathique pur jusqu'au calcaire proprement dit.

Ces calcaires ferrugineux, trop pauvres en fer pour être exploitables, ne forment pas seulement les parois, mais forment aussi des zones dans la masse même du minerai; c'est ce que l'on observe très-nettement à Eisenerz.

Les minerais spathiques forment trois lignes de gisements

parallèles entre eux et alignés à peu près est-ouest, suivant la direction des Alpes centrales.

Le système le plus septentrional, de beaucoup le plus important, apparaît vers Schwaz, en Tyrol, traverse le Salzburg, la haute Styrie, et se poursuit jusqu'au delà du Sömmering, dans la partie de l'Archiduché au delà de l'Enns. Sur une longueur de plus de 300 kilomètres, les filons se succèdent et s'alignent. Ils ont été exploités sur plus d'une cinquantaine de points et alimentent trente-huit hauts fourneaux.

L'Erzberg de Styrie se trouve au centre de ce système.

Parallèlement, à une distance moyenne de 60 kilomètres, court un second système de filons d'une importance encore très-grande. L'espace entre ces deux systèmes est occupé par l'arête centrale des Alpes, formée de roches primitives.

Tandis que le système nord est dans la grauwacke, mais tout près de la limite du calcaire secondaire, le système sud est en plein dans les roches anciennes, quoique proche de la grauwacke.

L'inclinaison des couches est très-variable dans cette région; on reconnaît cependant çà et là quelques traits généraux. On peut dire que la plupart des couches, au nord de l'arête centrale, plongent au nord, et que celles, au sud de cette arête, plongent au sud.

Les masses de minerais présentent le plus souvent ces mêmes plongées.

Le second système apparaît vers Kremsbrücken, en Carinthie, recoupe une petite partie du Salzburg, passe à Turrach, en Styrie; puis pénètre de nouveau en Carinthie, où il est exploité principalement à Friesach, Hüttenberg et Waldenstein, etc.

Sur un développement de plus de 120 kilomètres, ce gisement a été signalé en plus de trente points. Il alimente vingt hauts fourneaux, dont dix-huit en Carinthie, la plupart groupés autour de l'Erzberg de Hüttenberg.

Plus au sud encore, en Carniole, se trouve la troisième ligne de gisements, d'une importance bien moindre. Signalés à l'ouest vers Sava, les fers spathiques sont exploités à Jauerburg et Selenitza ; mais il n'est pas possible de suivre ces filons sur plus d'une trentaine de kilomètres.

Ces gîtes appartiennent à la période triasique ; la plupart des exploitations sont aujourd'hui abandonnées ; seuls les fourneaux de Sava et de Jauerburg y prennent une partie de leurs minerais.

A côté de ces minerais spathiques, c'est à peine si l'on peut citer quelques autres variétés de minerais de fer, tant leur importance est faible.

Sur quelques points, on traite des fers bruns et des oxydes hydratés, qui ne sont autres que des têtes de filons de pyrite altérée par les actions atmosphériques. Souvent riches, ces minerais sont malheureusement toujours un peu sulfureux.

Des hématites rouges, des fers spéculaires, des fers magnétiques se rencontrent par place ; mais leur petite quantité, leur difficile traitement les ont fait négliger jusqu'ici.

En Carniole, les fers spathiques sont plus manganésifères que sur les autres points, et ils sont, de plus, accompagnés de minerais de manganèse proprement dits. Ce sont ces minerais qu'emploie l'usine de Jauerburg pour la fabrication de ses ferro-manganèses (*).

Mines de fer.

Le nombre des petites exploitations ouvertes tout le long de ces gîtes de fer était considérable autrefois.

(*) A Vienne, cette usine avait exposé certains échantillons de ferro-manganèse, à 25 p. 100 de manganèse, faits aux hauts fourneaux. Malheureusement, d'après une analyse faite au Creusot, ces produits seraient légèrement phosphoreux.

On produit aujourd'hui couramment, dans la même usine, du ferro-manganèse de 40 à 60 p. 100 de teneur en manganèse.

La fabrication des loupes de fer d'abord, puis celle de la fonte, et sa transformation en fer au feu d'affinerie étaient, pour beaucoup de propriétaires, le seul moyen de tirer parti de leurs forêts.

L'exploitation des minerais, la coupe, le transport et la carbonisation du bois étaient presque l'unique ressource des pauvres habitants d'un grand nombre de ces lointaines vallées alpines. Mais maintenant que des routes ont sillonné le pays, maintenant surtout que les chemins de fer remontent plusieurs des principales vallées et les recoupent presque toutes, les conditions sont totalement changées.

Les fers ordinaires arrivent à un prix peu élevé et se substituent, pour un grand nombre d'usages, aux fers du pays, de qualité bien supérieure, mais dont le prix de revient est toujours élevé. Par contre, les bois d'industrie ont augmenté de valeur depuis que leur exportation est devenue possible, et les charbons de bois eux-mêmes ne sont plus consommés dans la vallée elle-même; ils sont exportés au loin.

Aussi beaucoup de gîtes secondaires ont-ils été abandonnés, beaucoup de petites forges se sont-elles fermées.

Les gîtes principaux, au contraire, ont été attaqués avec une ardeur et une activité inconnues autrefois. Leur exploitation a doublé, triplé même en quelques années; elle était encore en plein développement quand éclata la crise financière du printemps 1873.

De financière qu'elle était à l'origine, cette crise s'est aggravée en se prolongeant; elle n'a pas atteint seulement les sociétés industrielles les plus aventurées, mais elle a arrêté les transactions d'une façon si complète, que toutes les exploitations et les usines ont dû restreindre de plus en plus leurs travaux en 1874 et surtout en 1875.

Le tableau ci-dessous indique bien nettement à la fois la transformation et le développement de l'industrie métallurgique.

Minerais de fer exploités (en tonnes de 1000 kilog.).

ANNÉES.	ARCHIDUCHÉ d'Autriche.	STYRIE.	CARINTHIE.	CARNIOLE.	TYROL.	SALZBURG.	TOTAUX.
1851	8750	161.000	86.000	12.600	12.500	15.400	296.250
1861	9800	193.800	106.800	17.500	13.600	11.000	352.500
1871	7000	376.800	167.600	10.100	8.800	6.000	576.300

Nous voyons, dans le Salzburg, dès 1861, dans l'Archiduché, en Carniole et dans le Tyrol, pendant la période 61-71, la production des minerais diminuer considérablement. En Styrie et en Carinthie, la marche est inverse: l'accroissement, d'abord lent, devient très-rapide, et il l'a été bien plus encore dans lés années 1872 à 1874.

Dans la période 1861-1871, tandis que les voies ferrées s'ouvrent, que l'activité commerciale se développe, les petites forges cherchent partout à se maintenir et même à augmenter leur production autant que le permet leur installation insuffisante.

Mais la lutte ne tarde pas à devenir inégale; les usines qui possèdent à leur portée de grands et riches gisements se transforment, cherchent de tous côtés des combustibles; les gisements secondaires, pauvres, impurs, qui donnnent du minerai dont le prix de revient est élevé, ne peuvent plus soutenir la concurrence. Les maîtres de forge doivent abandonner la lutte et se contenter de vendre leurs charbons aux usines mieux pourvues de minerais ou mieux situées.

Le développement de l'industrie en Styrie et en Carinthie l'emporte de beaucoup sur la diminution dans les autres provinces; mais il a une limite forcée : l'approvisionnement en charbon végétal. Les gisements miniers permettraient de dépasser infiniment cette limite; aussi les combustibles minéraux sont-ils essayés. Ils viennent à

mi-chemin, comme à Schwechat, près de Vienne; ou pénètrent jusqu'au milieu du pays, comme à Prävali, Zelltweg, Niklasdorf, etc., et permettent la construction de grands hauts fourneaux de dimensions inconnues jusqu'alors.

En Styrie et en Carinthie, il y a également diminution en ce qui concerne le nombre des mines en exploitation et des fourneaux en feu. Dans l'un et l'autre de ces pays, toute l'activité se concentre autour d'un centre unique, l'*Erzberg* d'Eisenerz et l'*Erzberg* de Hüttenberg.

Ces deux Erzberg, par la qualité comme par la quantité du minerai, ont à peine leurs semblables en Europe. Tout au plus peut-on mettre au même rang les gîtes de Sommo-Rostro en Espagne, de Danemora en Suède, et peut-être celui de l'île d'Elbe. Ce dernier, en tous cas, est bien inférieur comme qualité à tous les autres (*).

Il est important de remarquer que, dans tous les gîtes de fers spathiques, la qualité et la quantité semblent toujours croître ou diminuer simultanément.

Dans ces beaux gîtes d'Eisenerz et de Hüttenberg, les pyrites et, d'une façon générale, tous les sulfures, sont d'une rareté extrême, tandis qu'ils se rencontrent en quantité de plus en plus abondante à mesure que l'épaisseur des lentilles diminue.

Ainsi les petites exploitations rencontrent presque toujours des veinules et surtout des géodes ou nodules de pyrites au milieu du fer spathique, et ce n'est qu'après de coûteux grillages dans des fours spéciaux, suivis de longues lévigations, que ces minerais peuvent être traités pour fer.

Erzberg styrien. — L'Erzberg de Styrie a la forme d'un

(*) Les gîtes de Saint-Georges d'Heurtières et d'Allevard, dans les Alpes de la Savoie, que le Creusot vient d'acheter, appartiennent au même système de fers spathiques.

Mais leur richesse n'est pas comparable à celle des Erzberg. Comme dans les gîtes secondaires autrichiens (Gollrad, Neuberg, etc.), les pyrites y jouent un rôle important.

cône à angle assez aigu, arrondi dans sa partie supérieure.

Libre de trois côtés, il se rattache au sud à la montagne du Reichenstein.

Le point le plus élevé est à plus de 1.500 mètres au-dessus de la mer et à environ 900 mètres au-dessus du bourg d'Eisenerz. Il est entouré de montagnes qui dépassent 2.000 et même 2.200 mètres d'altitude.

De loin déjà, par sa forme, par la belle végétation qui le couvre et qui fait contraste avec la nudité des rochers environnants, l'Erzberg attire le regard. Cette monumentale pyramide se dresse du fond de la vallée et la ferme brusquement. Rien de plus pittoresque que ces hauts gradins d'un rouge sombre, à demi cachés au milieu de la verdure; rien de plus gai que ces trains, ces chevaux, cette multitude d'hommes circulant à tous les niveaux au milieu des sapins.

L'Erzberg est formé de couches fortement contournées; plongeant d'abord vers le centre du massif, elles deviennent horizontales, puis se relèvent presque verticalement dans la partie supérieure de la montagne.

D'après la coupe ci-jointe (Pl. XII, *fig.* 4) qui est, aux yeux des ingénieurs d'Eisenerz, la représentation et l'explication du gisement, le minerai, compris entre deux couches de calcaire, repose sur les schistes de la grauwacke dévonienne, et plonge sous les schistes de Werfen (permien).

L'Erzberg ne serait pas, d'après cela, un gîte isolé, mais un simple renflement, un enrichissement extraordinaire, d'une couche que l'on retrouve sur l'autre flanc de la vallée et dont on suit les affleurements sur plusieurs kilomètres de longueur vers l'est (*).

(*) De nombreux travaux d'exploration ont été entrepris en 1873 et 1874 sur ce prolongement de l'Erzberg. Mais le minerai semble irrégulier, moins riche et moins pur.

En tous cas, les travaux doivent tous être souterrains. Il en ré-

En s'élevant sur le penchant de la montagne, on rencontre d'abord l'affleurement de la grauwacke; le calcaire lui succède pour faire place insensiblement au fer spathique. Pendant près de 700 mètres, en hauteur verticale, on s'élève en foulant aux pieds le minerai plus ou moins pur.

A la base, se trouve un minerai un peu différent de celui de la masse principale; il est fortement siliceux: c'est le minerai de Söberhaggen; son importance n'est pas grande. Partout ailleurs la silice n'existe qu'en quantités très-faibles. Par places, le calcaire ou l'Ankérite (minerai ferro-calcareux) remplacent le fer spathique proprement dit.

Au sommet de la montagne reparaît le calcaire, qui se dresse verticalement.

L'Erzberg est une des cimes de la ligne de séparation des eaux de l'Enns et de la Mur. Par le col du Präbischl, à son pied nord-est, passe la grande route de Gratz à Steyer qui, de Leoben, remonte la vallée de Vordernberg, pour redescendre dans celle d'Eisenerz, et gagner la vallée de l'Enns à Hieflau.

Les habitants de ces deux vallées qui aboutissent à l'Erzberg se sont longtemps et ardemment disputé ces richesses minérales. Eisenerz avait au-dessus d'elle cet immense affleurement; Vordernberg, par des galeries, venait attaquer le cœur même du gîte, puis prétendait, contournant la montagne par le col du Präbischl, avoir aussi des droits à l'exploitation de la partie supérieure de la montagne.

Dès les temps les plus anciens, sans que des limites précises séparassent les propriétés des deux bourgs, cette répartition s'opéra et se maintint. Mais cette grande

sulterait donc un prix de revient beaucoup plus élevé. La compagnie de Zelltweg, après avoir dépensé une somme considérable à ces recherches, s'est vue forcée de les suspendre, et elle trouve plus d'avantage à acheter les minerais de l'Erzberg lui-même.

richesse minérale était en partie méconnue. Tout ce qui n'était pas fortement altéré était regardé comme stérile, et les anciens, réduits à avancer à l'aide du pic et de la pointerolle, suivaient péniblement les fissures de la roche en longues et tortueuses galeries. Ils abattaient des quantités considérables de minerai, comme l'attestent les immenses déblais que l'on reprend depuis des années, et n'utilisaient ainsi que la plus faible partie de leur travail. Progressant lentement, le long des fissures, qu'ils s'efforçaient de ne pas abandonner, les mineurs étaient condamnés à boiser avec grand soin, comme cela se voit dans les anciens travaux éboulés, mis au jour par l'exploitation actuelle.

Jusque vers 1820, les mineurs sortaient sur leur dos, dans des sacs ou des caissons en bois, le peu de minerai qu'ils pouvaient abattre dans leur journée. Plus rarement, dans quelques galeries à pente descendante, à peu près régulière, étaient établies des voies en bois sur lesquelles roulaient de petits chiens de mine.

A l'origine, chaque propriétaire de fourneau ouvrait, où bon lui semblait, une petite exploitation et tirait de quoi faire un ou plusieurs fondages pendant la campagne.

Ces propriétaires étaient nombreux, puisque, de temps immémorial, on comptait, dans la vallée de Vordernberg, quatorze établissements, et dans celle d'Eisenerz, dix-neuf.

Ces établissements portaient le nom de *Radwerk;* c'était le droit à une certaine chute d'eau qui, permettant d'établir une soufflerie hydraulique mue par une roue (*Rad*), rendait possible la construction d'un fourneau.

Tant d'intérêts divers en lutte, sur un espace assez restreint, pour se procurer la mine et s'approvisionner de charbon de bois, amenaient des difficultés continuelles.

Une ordonnance impériale, qui remonte à 1524, décrit déjà minutieusement la ligne de séparation horizontale (Ebenhöhe) qui doit s'étendre entre la cime qu'exploitent

les gens de Vordernberg et la base laissée à Eisenerz. Elle fixe la part (Stollenmasse) de chaque fourneau à une surface de 112 mètres de large sur 40 mètres de haut. La profondeur dans la montagne était indéterminée.

Il était prévu cependant que si deux exploitations venaient à se rencontrer, c'était la dernière ouverte qui devait s'arrêter et laisser à l'autre propriétaire tout ce qu'il avait déjà reconnu et traversé de minerai.

On allait même jusqu'à ordonner que deux exploitations voisines devaient toujours laisser le long de leurs limites des bandes de 12 mètres d'épaisseur, pour éviter le plus possible les querelles et les accidents. A plus forte raison, les deux groupes de Vordernberg et Eisenerz devaient-ils être séparés de la même façon.

Pour favoriser cette industrie du fer, si impórtante dans les deux vallées, une ordonnance de 1569 introduisit le principe de l'affectation des bois aux usines à fer (Eisenwidmung).

Par cette ordonnance, il fut imposé aux propriétaires de forêts l'obligation de livrer leurs charbons exclusivement aux usines de leur district.

En même temps, la production totale des différents fourneaux, la répartition de cette production entre eux, la répartition des fontes entre les différents feux d'affinerie fut aussi fixée.

Cette réglementation suffisait déjà pour exciter de nombreux mécontentements; mais ce qui en excita de plus nombreux encore, ce fut l'obligation de vendre la fonte et tous les produits en fer ou acier à quelques négociants désignés par l'État.

Ainsi les fers de la vallée d'Eisenerz devaient être tous vendus à des marchands de Steyer qui, contre ce privilége, s'engageaient à soutenir la production dans les moments de crise.

Mais en peu d'amées, les inconvénients de ce système

apparurent. Très-disposés à avancer de l'argent dans les moments où le commerce allait bien, les marchands refusaient tout secours alors que le besoin s'en faisait sentir ; bien plus, ils réclamaient le payement des dettes, de sorte qu'ils s'enrichirent en ruinant l'industrie locale.

Dès 1589, il fallut modifier cette organisation. Par ordonnance impériale, il fut créé une compagnie de tous les marchands de fer. La ville de Steyer elle-même dut s'y intéresser, et le commerce fut désormais fait au nom de la ville.

Mais les troubles qu'amenèrent les persécutions contre les Réformés, la guerre de Trente Ans et surtout l'émigration en masse des forgerons, qui préférèrent abandonner leur pays plutôt que leur foi, ruinèrent complétement la contrée.

La plupart des maîtres de forges (Radmeister) se trouvèrent endettés pour plus que la valeur de leurs établissements, et la compagnie marchande de Steyer se refusa de les soutenir, une fois la paix rétablie en Autriche.

C'est à ce moment qu'intervint l'empereur Ferdinand II. Une commission impériale racheta les droits, biens et priviléges de tous les maîtres de forges de la vallée d'Eisenerz, de la haute Autriche et des vallées voisines. Elle créa une grande société (Innerberger Hauptgewerkschaft) dont l'administration resta entre les mains de la Couronne.

Ses premiers actes furent l'établissement d'une exploitation plus régulière à la place de cette multitude de petits travaux qui gaspillaient le gisement, la suppression des dix-neuf petits fourneaux et leur remplacement par quelques fourneaux plus grands à Eisenerz et à Hieflau.

Cette compagnie générale a subsisté jusqu'en 1869, époque à laquelle l'État a vendu tous ses droits et établissements à la compagnie actuelle, qui a continué à porter le même titre, mais qui est complétement indépendante de l'État.

Pendant cette longue période, la compagnie a subi de nombreuses modifications financières nécessitées par les périodes de crises qu'elle a traversées. Mais nous n'avons pas à nous étendre sur ces détails. Nous avons voulu seulement indiquer en passant ces faits curieux de sociétés métallurgiques, de comptoirs de fers, existant en plein moyen âge.

A Vordernberg, l'indépendance individuelle se maintint à peu près complète jusqu'en 1825, époque à laquelle treize des Radmeister (le possesseur du Radwerk n° 7 excepté) s'entendirent et formèrent une association sous le nom de *Communität*, pour exploiter le minerai à frais communs et répartir après coup les produits extraits et réunis en grands dépôts sur le flanc de la montagne.

Les modifications dans l'organisation de la propriété, à Eisenerz, amenèrent dans l'exploitation des progrès plus apparents que réels. Au lieu du morcellement presque indéfini du gîte, on eut des travaux un peu plus suivis; mais la recherche exclusive des minerais bruns, au moyen de galeries tortueuses, se continua longtemps encore après 1625.

Maintenant, les exploitations de Vordernberg et d'Eisenerz sont totalement transformées et sont organisées de façon à économiser le plus possible la main-d'œuvre et à produire des quantités considérables.

Cette transformation ne s'est opérée que graduellement : longtemps, on persista à exploiter souterrainement. C'est pendant cette période que furent percées les grandes cavités aujourd'hui utilisées comme magasins de minerai.

L'avantage, au point de vue du prix de revient, est tel, avec les exploitations à ciel ouvert, qu'elles ont presque complétement remplacé les travaux par galerie. Si quelques chantiers souterrains sont encore conservés, c'est en vue d'occuper pendant les mois d'hiver la population fixe des mineurs (*).

(*) A côté des mineurs d'Eisenerz et des villages voisins, rela-

L'affleurement est mis à nu sur toute sa hauteur; des gradins droits, hauts de 15 à 18 mètres, s'étagent les uns au-dessus des autres; sur chacun circulent des voies ferrées qui peuvent porter de grands wagonnets tirés par des chevaux.

De chaque étage partent des plans inclinés à chariots porteurs, d'importance variée. Certains de ces plans relient seulement deux ou trois niveaux et sont plus légèrement établis; d'autres, puissamment installés, descendent jusqu'au bas de la montagne de grands chariots porteurs de 8, 10 et 12 wagonnets.

Passé le 15 octobre, quelquefois même plus tôt, et jusqu'au 15 avril, les travaux sont interrompus par les neiges. Il faut en six mois amasser et réunir, sur des points toujours abordables, même au gros de l'hiver, les minerais qui seront nécessaires à tous les hauts fourneaux.

Les immenses vides formés par les exploitations souterraines des anciens sont venus offrir des magasins tout construits. Par des puits verticaux percés à la voûte, ces vides sont mis en communication avec les divers chantiers. Le minerai en gros fragments est culbuté et remplit peu à peu ces excavations, que des galeries horizontales à grande section, aboutissant peu au-dessus du niveau des fours de grillage, permettent de vider en hiver.

De nombreux ouvriers sont occupés, pendant les mois rigoureux, à extraire ces approvisionnements, à les casser, les trier, les conduire aux fours de grillage et de là aux fourneaux ou dans les wagons du chemin de fer.

Les hauts fourneaux de Vordernberg doivent, eux aussi, s'assurer un approvisionnement d'hiver; mais ils sont loin

---

tivement peu nombreux, viennent travailler en été des centaines (en 1872 et 1873, on pouvait dire des milliers) de Slovaques, Croates, Bohêmes, Italiens, etc., population demi-sauvage qui se répand chaque été sur les provinces plus riches de l'Autriche, pour y gagner quelque argent.

de se trouver dans d'aussi bonnes conditions pour recevoir les minerais à toute époque de l'année.

Tandis que les trois fourneaux d'Eisenerz sont directement au-dessous de l'Erzberg, les plus rapprochés de la vallée de Vordernberg sont déjà à plusieurs kilomètres des exploitations, et les autres s'étagent souvent à plusieurs kilomètres les uns des autres.

La longue et haute vallée que doivent descendre les minerais est, la plus grande partie de l'hiver, envahie par les neiges; aussi faut-il amener un approvisionnement considérable auprès même des fourneaux pour parer aux interruptions causées par les mauvais temps.

La partie supérieure du gîte, possession de Vordernberg, est exploitée, comme la partie inférieure, par grands gradins droits; les produits sont tous réunis sur le gradin inférieur; le chemin de fer qui le parcourt, se prolongeant en pente régulière, franchit par un long tunnel le contre-fort qui unit l'Erzberg aux montagnes voisines, descend le long du flanc droit de la vallée jusqu'à un point où sa pente devient trop forte. De là jusqu'à Vordernberg se succèdent une série de sections à faible pente, telles que les wagons vides puissent être remontés par des chevaux, reliées par des plans inclinés automoteurs à chariots porteurs.

Sur plusieurs points, adossés aux flancs abruptes de la montagne, se trouvent de longs hangars couverts où sont amassés des minerais.

Culbutés dans le haut, les minerais coulent directement, au moyen de trémies, dans des wagonnets qui les mènent jusqu'aux fours de grillage ou jusqu'à la gare, tête de la ligne ferrée, qui, descendant en pente rapide la vallée, dessert les différentes usines.

Erzberg de Carinthie. — L'Erzberg carinthien est une ramification que rejette vers le sud-ouest la grande chaîne des Alpes. Il se trouve tout près de la frontière nord du pays.

Situés au milieu de couches plus anciennes que ceux de l'Erzberg styrien, les minerais de Carinthie sont intimement unis au calcaire cristallin qui accompagne les schistes micacés (Glimmer Schiefer).

La direction générale du gîte est N.-O.-S.-E.

Il semble que l'origine et le mode de formation ne soient pas les mêmes pour les minerais de ce groupe que pour ceux, plus récents, du groupe styrien.

Les masses minérales ont moins l'aspect de filons ; elles se présentent toujours, comme le calcaire, sous forme de grandes lentilles interstratifiées au milieu des schistes. Sur aucun point le minerai ne s'accumule, comme à Eisenerz, en une masse unique : la richesse de l'Erzberg carinthien est due à la coexistence, dans un massif peu étendu, d'un grand nombre de riches et puissantes lentilles de carbonate de fer.

Tandis que le minerai styrien est essentiellement calcareux, de sorte que le seul fondant à employer est un peu d'argile siliceuse, le minerai carinthien est généralement siliceux, de sorte qu'il faut dans tous les fourneaux, même pour une marche en fonte blanche, ajouter de la castine (de 4 à 7 p. 100).

Les minerais altérés sont plus fréquents ici qu'à Eisenerz ; les fissures sont souvent restées imparfaitement remplies ; le fer spathique a cristallisé, puis s'est altéré, et les rhomboèdres ont été recouverts d'une couche de cristaux aciculaires d'arragonite ou de mamelons d'opale d'un beau gris rosé.

Le sulfate de baryte existe en filons importants ; il se présente sous forme de masse lamelleuse, presque compacte, d'un blanc éclatant. Séparés avec grand soin des minerais, comme cela se comprend, ces fragments sont recueillis et vendus à d'honorables négociants, qui en font du savon, des bougies, du papier, etc.

L'histoire de l'Erzberg de Carinthie présente à l'origine une grande analogie avec celle de l'Erzberg de Styrie.

C'était la même multitude de petits propriétaires qui ouvraient chacun une galerie, tiraient quelques centaines de tonnes de minerais, pour aller les fondre dans l'une des vallées voisines, avec les bois qui leur appartenaient ou sur lesquels ils avaient obtenu des droits.

Des rivalités continuelles existaient entre ces divers propriétaires. Bien des lois restrictives de la liberté industrielle et commerciale furent édictées; aussi, pendant tout le moyen âge, l'industrie ne put que végéter.

En 1760, on voulut appliquer un remède plus énergique. Un grand magasin central de fonte et fer fut établi à Saint-Veit. Tous les fourneaux et feux d'affinerie durent y conduire leurs produits, qui leur étaient payés à un prix déterminé.

Les peines les plus sévères atteignaient ceux qui détournaient même les plus faibles poids de fonte.

Comme corollaire de cette organisation, fut publié un règlement qui limitait le nombre des exploitants de mine, celui des fourneaux, et qui fixait à chacun un produit annuel déterminé.

La paix était rétablie sur les flancs de l'Erzberg; mais tout développement, toute amélioration étaient par cela même absolument interdits à l'industrie.

La production annuelle de la fonte était fixée au chiffre extraordinairement faible de 2.615 tonnes.

Cependant le maximum de production dut être élevé peu après, et quelques usines obtinrent même le pouvoir de fabriquer une quantité illimitée de fonte, mais à condition de ne jamais priver de bois les usines voisines.

Enfin, en 1783, les propriétaires des bois obtinrent d'être délivrés des priviléges qui étaient accordés aux usines sur leurs forêts. Le commerce des bois et charbons fut déclaré libre. La production augmenta immédiatement.

En 1770, la production de la fonte fut de 4.500 tonnes. En 1794, elle était montée à 9.700 tonnes.

Ainsi le commerce des fers passa, dans les deux pays, par la même période de restriction; mais, tandis qu'en Styrie, l'État s'assura la possession de toutes les usines d'un des versants de la montagne, ici les usines conservèrent leur indépendance.

Très-nombreuses à l'origine, elles succombèrent peu à peu, avant, pendant et depuis cette période de protection. Actuellement il ne subsiste plus qu'un nombre limité de propriétaires exploitants.

Ici tout le travail est forcément souterrain, ce qui augmente notablement les frais. Comme ailleurs, les veines altérées ont tout d'abord attiré les mineurs, qui les ont suivies, au prix des plus grandes peines, par des voies tortueuses et accidentées. Cette origine de l'exploitation grève encore l'extraction actuelle de frais considérables; car le roulage est des plus pénibles dans ces galeries à pentes et contre-pentes souvent roides.

Depuis l'union des différents exploitants (1869) et la formation de la grande compagnie de Hüttenberg, on a mis à l'étude et l'on a commencé, au moyen de perforateurs à air comprimé, une grande galerie de roulage à pente uniforme, où l'on pourra circuler avec des wagons et non plus seulement avec de petits chiens de mine longs et étroits.

Le minerai, amené au jour, est conduit aux différents fourneaux de Heft, Lölling, etc., et, aux grands fours de grillage de Hüttenberg, par des voies ferrées extérieures qui contournent la montagne et la descendent en longs plans inclinés à chariots porteurs.

Grâce à la position souterraine des chantiers, l'exploitation à Hüttenberg peut se continuer toute l'année; les grandes installations pareilles à celles d'Eisenerz, pour l'accumulation de stocks de minerai, ne sont pas nécessaires.

Les usines doivent cependant posséder une certaine ré-

serve, car, pendant les mois d'hiver, les neiges peuvent arrêter momentanément la circulation sur les chemins de fer extérieurs.

Partant de Hüttenberg, qui est tête de ligne de chemin de fer, le minerai, grillé ou cru, va à Treibach, à Prăvali et dans d'autres usines encore.

Les autres exploitations de minerais, en Styrie aussi bien qu'en Carinthie, ne méritent pas d'études spéciales; les seules qui aient quelque importance sont celles qui alimentent les fourneaux de Mariazell et Neuberg. Nous avons eu déjà l'occasion de parler du principal des gisements, celui de Gollrad. Les autres sont assez réguliers, mais minces et surtout très-impurs, par le fait de la présence du soufre. Il faut un grillage tout spécial et surtout des années d'exposition à l'air et de lévigation pour arriver à obtenir de bonnes fontes. De là des frais considérables, accrus encore par les transports, que les prix actuels de la fonte ne permettent pas de couvrir.

Ce sont ces diverses causes qui expliquent l'état précaire de ces usines, jadis si renommées et encore si dignes de l'être par la beauté de leur installation et la perfection de leur travail.

Disons, en finissant, quelques mots sur le prix de revient du minerai.

Celui de l'Erzberg de Styrie revient sur place, tous frais compris, de 4 à 6 francs la tonne.

Les frais directs d'abatage, cassage, n'atteignent pas 2f,50. C'est le prix de revient du minerai cru, tenant 38 à 42 p. 100 de fer. Le minerai grillé, tenant 50 à 52 p. 100, coûte sur place, à la sortie des fours de grillage, 8 francs la tonne (16 kreutzer le Zoll-Zentner).

Le minerai cru, en Carinthie, coûte 7 à 9 francs la tonne. Sa richesse est à peu près la même. L'un des éléments qui augmentent sensiblement le prix de revient, c'est le bois qu'il faut employer en quantité considérable (0^{m3},125 par

tonne de minerai) plus encore pour l'entretien des voies que pour le soutènement des chantiers.

La production par ouvrier est aussi assez faible, car chaque mineur doit mener lui-même son wagonnet aux haldes et le remonter vide, ce qui est très-fatigant par ces longues voies accidentées.

DEUXIÈME PARTIE.

FABRICATION DE LA FONTE.

INTRODUCTION.

Dès la plus haute antiquité, les gisements que nous venons de décrire furent connus et utilisés par les Noriques, premiers habitants de ces montagnes. Le fer qu'ils fabriquaient acquit bien vite une renommée lointaine, puisque nous voyons les auteurs latins y faire de fréquentes allusions (*).

Il était exporté vers l'Italie, pour y être transformé en armes, et la preuve de ces relations commerciales nous

---

(*) Ainsi Ovide, dans ses *Métamorphoses*, prend ce fer comme type d'une dureté excessive :

Durior et ferro, quod Noricus excoquit ignis.

Horace, dans ses *Odes*, répète à plusieurs reprises l'expression « *Noricus ensis.* »

Pline, distinguant le fer qui doit ses qualités au travail de celui qui naturellement est d'une ténacité particulière, désigne comme tel le fer préparé dans le pays des Noriques.

Les écrivains de la basse latinité reparlent souvent aussi du fer de ces contrées.

est fournie par les indications de Strabon, et d'une façon plus matérielle encore par les monnaies romaines qui ont été fréquemment trouvées sous de vieilles haldes de scories, ou dans d'anciennes galeries abandonnées que rencontraient accidentellement les nouveaux travaux.

Des colonies romaines finirent même par s'établir dans le pays, le long des voies militaires que fit créer Auguste et que développèrent et multiplièrent ses successeurs.

Les travaux de cette époque durent n'être que peu étendus, et tout semble indiquer que les méthodes de traitement étaient des plus rudimentaires.

Pendant toute la durée du moyen âge, les mines et les feux qui en traitaient les produits furent, en vertu des principes du droit régalien, transférés par donation à divers seigneurs, et les lois les plus imprévoyantes restreignaient tout développement en élevant obstacles sur obstacles au commerce et aux transactions.

Tandis, que dans d'autres contrées, dès le milieu du XVIe siècle, la fabrication de la fonte de fer était connue et appliquée, on continua presque exclusivement pendant plus d'un siècle, en Autriche, la seule fabrication directe des loupes ferreuses.

Jusque vers l'année 1650, il n'existait, dans toute la Carinthie, que quatre fourneaux où l'on fabriquât des produits fondus (Flossofen), et ce n'est qu'en 1754 qu'on introduisit dans ce pays la fabrication de la fonte proprement dite.

La Styrie fut plus en retard encore, et il faut arriver à la seconde moitié du XVIIIe siècle (1760) pour voir s'établir à Eisenerz le premier fourneau pour fabrication d'un produit ferreux fondu.

Ce fut là un pas considérable en avant, faisant suite à des progrès lents et continus cependant.

Les indications qui nous sont parvenues du passé (*)

(*) *Münichsdörfer*. — Geschichte des Hüttenberger Erzberges. — Id. Roheisen Produktion in Kärnthen.

permettent en effet de distinguer quatre périodes dans l'industrie du fer :

1° Traitement du minerai dans des trous creusés dans le sol ;

2° Traitement du minerai dans de petits fourneaux (Windöfen) à courant d'air naturel ou soufflés à bras d'homme ;

3° Traitement dans de petits fourneaux soufflés mécaniquement (Stückofen), fours à loupes ;

4° Traitement par fusion proprement dite dans des fourneaux où l'on réalisait la continuité du travail (Flosson Hochöfen) (hauts fourneaux).

Dans les trois premières périodes, c'est-à-dire en Styrie, jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, travail discontinu pour production de loupes ferreuses.

Dans la dernière, travail continu pour production de la fonte de fer, qui sera affinée par une opération distincte.

1° *Traitement des minerais dans des trous creusés dans le sol.* — Plusieurs de ces trous, creusés dans le sol le long du penchant des coteaux, ont été découverts. Les parois d'argile battue, en partie calcinées, les fragments de minerais demi-réduits, demi-fondus, tout rappelait le travail du fer ; mais ces restes étaient en général mal conservés. Il en était tout différemment d'un foyer qui fut découvert en 1870, lors de la construction du chemin de fer de Hüttenberg. (Pl. XI, *fig.* 1).

Sur un sol bien nivelé, étaient percés deux trous de dimensions différentes, espacés l'un de l'autre de 5 mètres d'axe en axe. L'un d'eux, A, est de diamètre assez grand, $1^{m},50$, mais peu profond (0,60) ; l'autre, B, au contraire, est plus profond (0,95), mais aussi de moindre diamètre ($1^{m},20$). Les parois sont formées d'une couche d'argile bleue, battue, qu'on trouve en abondance dans le voisinage.

Les différences de formes, l'état différent de conservation des deux fours, enfin les matières contenues dans chacun d'eux, donnent à penser que ces deux foyers devaient servir à des opérations successives.

Le foyer A a des parois calcinées jusqu'à une profondeur de 7 à 8 centimètres, mais il n'y avait pas de scories adhérentes; il était rempli de fragments frittés et à demi agglomérés de quartz et de minerai grillé.

Le foyer B, au contraire, montre qu'il a supporté une température bien plus intense. Sur un des côtés, il est scorifié. Il a d'ailleurs été trouvé rempli d'une masse de fer moitié réduit et de scories.

Il est probable que le foyer A servait à préparer, à griller les minerais, tandis que l'autre servait à réduire et à fondre les matières venues du premier. Il devait y avoir quelque soufflet à bras dont le vent était plongeant et a scorifié la paroi en *hh*.

A en juger par les scories qu'on a trouvées en masse tout autour, on ne devait guère tirer plus de 15 à 20 p. 100 de fer d'un minerai contenant 54 à 56 p. 100.

Le produit devait être une masse imprégnée de scories qu'on extrayait par martelage à la main.

Rien n'indique exactement l'âge de ces restes; mais leur existence sous 2 mètres de déblais stratifiés et compactes semble prouver qu'il faut les faire remonter jusqu'aux époques celtiques ou romaines. On a d'ailleurs trouvé, tout près de là, une pierre chargée d'une inscription romaine.

Sur un grand nombre de points, dans la montagne, on trouve encore maintenant des tas, souvent très-importants, de scories qui doivent provenir d'un travail du genre de celui que nous venons de décrire, dans des trous ou dans les Windöfen.

2° *Traitement du minerai dans de petits fours à cuve (Windöfen) construits à flanc de coteau.*—L'emploi de ces

petits fourneaux, de 4 à 6 pieds de haut, construits auprès de la mine même, au milieu de la montagne, doit aussi remonter aux plus anciens temps. C'est un premier perfectionnement, presque contemporain des simples trous. En effet, au commencement de ce siècle, sous une couche de débris de plus de 4 pieds, on a trouvé les restes d'un pareil four contenant une urne romaine, et dans les scories, aux alentours, fut découverte une monnaie de Nerva (Pl. XI, *fig.* 2).

Les scories du genre de celles-ci sont extrêmement abondantes; leur état prouve que c'est à peine si l'on extrayait du minerai 50 p. 100 de sa teneur en fer.

Au voisinage de ces haldes, on a plusieurs fois trouvé, en un point très-exposé aux vents, les restes d'un four à cuve cylindrique à section carrée ou circulaire; les parois sont intérieurement en pierre réfractaire, et plus souvent encore en pisé. Au bas était une sorte de cuve, et au-dessus un grand trou pour sortir la loupe ferreuse une fois formée. Il y existait aussi une sorte de tuyère munie d'une buse en terre cuite; l'air était injecté par un soufflet à bras; ailleurs cependant, on trouve un simple canal latéral, sorte de cheminée destinée à activer le courant d'air.

La marche de l'opération devait être la suivante : dans le fourneau, chauffé par la combustion préalable de charbon de bois, on jetait un mélange de minerai et de combustible; il se produisait des quantités considérables de scories qui étaient percées; peu à peu il se formait une loupe demi-réduite, demi-affinée, qui pouvait peut-être, au bout de 10 à 12 heures, peser de 100 à 150 kilog.

On démolissait alors la poitrine et l'on sortait cette masse, qu'il fallait ensuite marteler et purifier par de nombreux réchauffages.

Il est presque impossible d'évaluer la prodigieuse quantité de charbon qu'on devait brûler pour produire quelques

boules de fer. A en juger par ce que l'on brûlait encore à Hüttenberg, au milieu du XVIII[e] siècle, la consommation devait être très-voisine de 40 mètres cubes par tonne de ces loupes ferreuses brutes (450 à 480 p. 100 en poids).

3° *Traitement pour loupes dans les demi-hauts fourneaux (Stücköfen) soufflés mécaniquement et situés sur les cours d'eau.* — Les fourneaux situés dans la montagne, à la sortie de galeries de mines, étaient soufflés à bras. Cependant, dans le courant du moyen âge, quelques notions de mécanique pratique commencent à se répandre ; on apprend à utiliser la force motrice des chutes d'eau pour faire tourner des roues, et le mouvement des roues pour actionner les soufflets, péniblement mus à bras jusqu'alors.

Les fourneaux anciens sont abandonnés sur certains points, et l'organe essentiel de la nouvelle usine est la roue (Rad). De là le nom de « Radwerk » donné au fourneau et de « Radmeister » donné au fondeur.

Les progrès de la métallurgie suivirent lentement ceux de la mécanique ; à mesure qu'on sut recueillir une plus grande fraction de la force vive de l'eau, on chercha à en profiter en augmentant les dimensions et la production des fourneaux.

Mais ces progrès furent bien lents, car Agricola donne comme dimensions employées au XVI[e] siècle :

Hauteur :	6 à 8 pieds (1^m,90 à 2^m,50).
Section horizontale rectangulaire.	largeur : 3 pieds (0^m,95).
	longueur : 4 à 5 pieds (1^m,25 à 1^m,50).

Au XVIII[e] siècle, alors que déjà, sur certains points, le travail pour fonte s'était introduit, les fours à loupe persistèrent longtemps ; mais ils s'étaient agrandis, ils atteignaient 3^m,80 à 4 mètres de hauteur. Leur forme se rapprochait de celle des hauts fourneaux d'alors ; ils étaient composés de deux troncs de cône superposés par leur grande base (Pl. XI, *fig.* 3).

Ces fourneaux, construits intérieurement en pierre ou en pisé réfractaire, étaient percés à la base d'une ouverture de 2 pieds en carré, qui était bouchée simplement par un tampon d'argile.

C'est par ce vide que l'on sortait la loupe achevée; c'est aussi au travers de ce garnissage d'argile que l'on perçait, à des hauteurs successivement croissantes, le trou pour le passage de la tuyère.

Placée d'abord à ras le fond, elle était élevée au fur et à mesure de la formation de la loupe, jusqu'à ce qu'elle eût atteint le haut de l'ouverture. Il fallait s'arrêter à ce moment, pour que la loupe pût encore passer par l'ouverture ménagée dans ce but.

La loupe ainsi produite en 18 à 20 heures (dont 4 à 5 employées à l'allumage et à la mise hors) pesait de 600 à 750 kilog.

Les registres de Hüttenberg, très-complets et tenus jadis avec grand soin, donnent des indications assez nettes sur les conditions de marche de ces fourneaux dans la seconde moitié du XVIII[e] siècle: il y a environ cent ans.

Les produits étaient de deux natures différentes. Suivant la direction donnée à la tuyère, on pouvait produire soit une espèce de fonte mazée, soit un fer plus ou moins aciéreux.

Dans ce dernier cas, la masse étant malléable, il fallait pour la forger un marteau (*Deutsch Hammer*) et un foyer de réchauffage.

Quelle que fût la nature du produit, la quantité annuelle était peu différente :

Elle variait de 100 à 140 tonnes dans le cas de la fonte, et de 75 à 100 tonnes dans le cas du fer.

Le rendement du minerai était de 30 à 35 p. 100, quand sa teneur réelle était supérieure à 50 p. 100, et la consommation atteignait le chiffre formidable de 26 à 28 mètres cubes par tonne de loupe ferreuse.

C'était, en poids, environ 350 p. 100 (*). Au prix de 2 francs le mètre cube de charbon de bois et de 12f,50 la tonne de minerai, la tonne de fer brut revenait à 125 francs environ.

Le fourneau que nous avons représenté est le dernier qui ait fonctionné en Carinthie (à Lölling). Il fut éteint, il y a juste un siècle, en 1775 (Pl. XI, *fig.* 4).

La charge était de 0mc,47 de charbon de bois, et 88 kilog. de minerai.

On faisait 32 charges par 24 heures.

On produisait, pendant ce temps, deux loupes du poids total de 930 kilog. environ.

Ainsi le minerai rendait 33 p. 100, et la consommation de charbon était de 16 mètres cubes, déchet non compris, ou 20 mètres cubes, déchet de halle compris; ce qui était une marche exceptionnellement bonne; elle était due à la disposition de la tuyère en terre réfractaire qui pénétrait jusqu'au milieu du fourneau.

Ce n'est qu'en 1782 que le dernier fourneau, produisant des loupes ferreuses malléables, s'éteignit en Carinthie. En Carniole, ces fourneaux n'ont fait place aux hauts fourneaux que dans le courant même de notre siècle.

4° *Traitement pour produit fondu (hauts fourneaux).* — Par l'élévation progressive de 4 à 8, puis à 10 et à 15 mètres, par l'agrandissement de la section transversale, etc., les fourneaux se sont transformés et sont devenus les *hauts fourneaux* proprement dits, qui ne livrent plus que des matières fondues, et les livrent d'une façon continue.

(*) *Jahrbuch*, 1847, p. 411. Résumant le travail de l'année 1745 pour le comparer à celui de 1845, M. Tunner donne comme consommation moyenne :

26mc,2	de charbon de bois		en 1745.
12 ,2	—	—	en 1845 dans les petits fourneaux à l'air froid.
8 ,3	—	—	en 1845 dans les fourneaux à l'air chaud.

La fabrication de la fonte s'introduisit de bonne heure en Autriche, mais elle se développa avec une extrême lenteur.

Dès 1570, on voit la ville de Saint-Veit, en Carinthie, faire construire un fourneau pour fonte à Urtl.

Les obstacles de tous genres : priviléges, droits féodaux, règlements des corporations, etc., étaient si puissants, qu'il n'y eut que quatre fourneaux construits jusqu'au milieu du XVIIe siècle (le siècle suivant n'en vit s'élever que cinq, de sorte qu'en 1760, la Carinthie n'en possédait encore que neuf).

Les premiers hauts fourneaux, si réellement il est possible de leur donner ce nom, avaient $4^m,75$ de hauteur.

Au-dessus se trouvait une cheminée de 5 à 6 mètres pour activer le tirage.

La section était carrée ou rectangulaire; c'est là une coutume qui s'est maintenue jusque dans le courant de ce siècle (*).

Les sections étaient :

$0^m,47$	en carré	au gueulard.
$0^m,95$	—	au ventre.
$0^m,52$	—	au creuset.

Le trou de tuyère était à 0,32 au-dessus du fond du creuset.

Un de ces petits fourenaux existe encore en bon état entre Heft et Mosinz. Il est vrai qu'il est hors feu depuis plus de quatre-vingts ans.

Sa production par vingt-quatre heures était de 16 à

(*) Il y eut pendant longtemps lutte entre les deux systèmes: les fourneaux ronds, qu'on désignait sous le nom de fourneaux styriens, et les fourneaux à section carrée appelés fourneaux allemands. Ces derniers furent importés d'Allemagne avec la fabrication de la fonte. Mais cette disposition peu rationnelle a fini par disparaître complétement. L'antique forme styrienne a repris sans contestation la place qu'elle n'aurait jamais dû perdre.

1.700 kilogrammes de fonte, avec une consommation de 21 à 22 mètres cubes de charbon de bois. Les campagnes ne duraient que dix à quinze semaines à l'origine.

Vers 1760, les fourneaux de Urtl, Heft, Mosinz nous donnent encore tous à peu près les mêmes résultats :

Production par vingt-quatre heures, 1.600 kilogrammes ;

Consommation par tonne, 21 mètres cubes de charbon (déchet compris);

Rendement du minerai, 40 p. 100.

A cette époque, il résulte d'une enquête ouverte, sur l'ordre de l'impératrice Marie-Thérèse, qu'il faut, avec les Stücköfen, pour une tonne de fer brut, 30 mètres cubes de charbon de bois et 3.900 kilogrammes de minerai (rendement, 25 p. 100) ; avec les Flossöfen, 22 mètres cubes de charbon de bois et 3.300 kilogrammes de minerai (rendement, 30 p. 100).

Jusqu'en 1780 et 1782, subsistèrent les lois oppressives qui empêchaient tout développement de l'industrie. Dès qu'elles furent abolies par l'empereur Joseph, l'industrie se ranima et put commencer à s'engager dans la voie du progrès.

Les fourneaux de 15, de 18 pieds, comme à Mosinz et à Heft, purent être remplacés par des fourneaux de 20 et 24 pieds (6^m,30 et 7^m,60).

La production totale put monter d'année en année, pour atteindre déjà 10.000 tonnes en 1794.

Depuis cette période de réformes économiques et sociales, les progrès ont été continus, quoique lents et souvent presque interrompus par les guerres et les lois qui, sous prétexte de protection, avaient pour résultat fatal un arrêt dans le développement de l'industrie et l'amélioration des méthodes.

Si, renonçant pour un moment à suivre, dans leur détail, les progrès réalisés, nous jetons un regard d'ensemble sur les résultats obtenus depuis un siècle, nous en saisirons mieux

l'étendue et nous entreprendrons ensuite, avec plus d'intérêt, l'étude détaillée des modifications dans les dimensions, les formes des appareils, les principes mêmes des opérations, modifications qui ont permis d'atteindre un résultat que l'on ne pourra guère dépasser désormais.

Tableau résumé de la marche des hauts fourneaux.

DATE.	FOURNEAUX. Volume.	FOURNEAUX. Hauteur.	PRODUCT. par 24 heures.	CONSOMMAT. en charbon.	TEMPÉRAT. du vent.	OBSERVATIONS.
	mètr. cub.	mètres.				
1re période jusqu'à la fin du 18e siècle.	2,5 à 3	2 à 5m	1600kg	21 à 22m3	Vent froid.	Mosinz-Eisentratten, etc.
2e période 1808.	5 à 6	7,5 à 8,5	3 à 4ton.	12 à 13m3	*id.*	Tous les fourneaux de Vordernberg, presque tous ceux de Carinthie (plusieurs jusqu'en 1850 et même 1860).
	16	11,10	8 tonnes	7m3,5 à 8m3	*id.*	Treibach (depuis 1802).
3e période 1830.	20 à 22	11,40	7 tonnes	7m3,8 à 9m3	*id.*	Heft. Eisenerz. Hieflau (Treibach produit déjà 13t. Neuberg et Mariazell ont des fourneaux seulement de 13m3).
4e période 1860.	30 à 25	10 à 12	9 à 11ton.	7m3,8 à 8m3,2	175 à 200°	Eisenerz, Hieflau; quelques fourneaux à Vordernberg
5e période 1870.	50	12 à 13	15 à 20ton.	5 à 7m3	250 à 400°	Heft. Treibach.
6e période 1872-75.	50	12 à 15	15 à 20ton.	5 à 6m3	350 à 400°	Heft. Treibach, hauts fourneaux de Vordernberg. Hieflau, Eisenerz.
	100	14 à 16	Pas encore en feu.			Prävali, Radwerk n° 3 (nouveau).
	175 à 185	15,20	id.		id.	Fridau (nouveau).
	200 à 285	16 à 19	40 à 50ton.	1150 à 1600kg	300 à 400°	Au coke. Schwechat, Zeltweg, Prävali.

Avec les Stucköfen, nous avons vu qu'il fallait brûler 25 à 30 mètres cubes de charbon de bois pour produire une tonne de loupes grossièrement ébauchées.

Les hauts fourneaux primitifs n'en demandaient que 21 à 22 mètres cubes.

Tandis que beaucoup marchaient encore dans ces conditions désastreuses pour les forêts, qu'elles épuisaient en pure perte, le fourneau de Treibach, grâce à sa hauteur et à son volume, ne consommait déjà plus que $7^{m^3},5$ à 8 mètres cubes.

Cet exemple si frappant ne put pas, on pourrait presque dire encore, ne peut pas vaincre la routine; car, dans la vallée de Vordernberg, en particulier, les derniers petits fourneaux de 8 et 9 mètres viennent à peine de disparaître.

Mais à côté de ces retardataires, se trouvèrent d'autres propriétaires et directeurs qui suivirent les progrès et se tinrent à la hauteur des autres pays.

C'est ainsi que nous voyons les volumes des fourneaux croître et passer de 5 à 50 mètres cubes, les hauteurs de 7 à 15 mètres; l'air froid fait place à l'air de plus en plus chaud; aux soufflets de forge, succèdent les caisses à vent, puis les cylindres en fonte, et enfin les machines les mieux disposées.

Les minerais crus sont remplacés par des mélanges de gros grillé et de menu cru et brut; puis par des mélanges où le menu est desséché, et enfin grillé lui-même assez complétement.

Ainsi la formule actuelle du travail est la suivante:

Traitement, au charbon de bois, d'un mélange de minerais gros et menus, tous deux grillés, dans des fourneaux de 50 mètres cubes et plus, à profil élancé, avec 3 à 5 tuyères lançant du vent chauffé à 3 à 400°, sous une pression de $0^m,08$ à $0^m,12$ *de mercure.*

Voyons maintenant ce qu'était et ce qu'est un fourneau amené successivement à remplir ces différentes conditions qui réalisent une marche presque aussi économique qu'il est possible de l'obtenir.

Le haut fourneau.

Massif extérieur du fourneau. — Tel qu'il existait partout autrefois, tel qu'il se rencontre encore sur beaucoup de points, le haut fourneau styrien ou carinthien a une grande analogie avec nos anciens fourneaux au bois du Châtillonnais et de la Franche-Comté.

Une tour carrée en épaisses et solides maçonneries soutient et emprisonne la chemise intérieure du fourneau, qui n'est absolument inabordable en aucun point.

Les embrasures de tuyères et de coulées sont au fond d'ouvertures voûtées, percées dans la base du massif, et ce n'est qu'avec peine que l'on peut réparer les tuyères ou la poitrine en cas d'accident.

Le gueulard est surmonté d'une grande cheminée centrale où les gaz s'échappaient librement et brûlaient sans utilité. Une halle de coulée, généralement étroite et sombre, s'étendait en avant.

Enfin, tout le service du fourneau était réuni sous une même toiture; l'ennemi que l'on semblait vouloir écarter avec le plus grand soin, c'était l'air, c'était la lumière.

On aurait dit qu'une demi-obscurité, au milieu d'une épaisse poussière de charbon de bois, était une condition indispensable à la réussite d'un fondage.

Souvent accolées au fourneau, chauffées par les gaz mêmes du gueulard, se trouvaient les habitations des fondeurs et de leurs aides; perdre la moindre quantité de chaleur par les parois eût semblé périlleux pour la marche de l'opération, tandis qu'on se résignait à voir les gaz flamber abondamment au gueulard.

La rigueur exceptionnelle des hivers dans ces pays de montagne explique jusqu'à un certain point ces mesures et peut faire paraître risquée la confiance avec laquelle certains ingénieurs ont adopté dernièrement les types absolument opposés, les plus dégagés.

Sur plusieurs points, à Niklasdorf, à Trofayach, à Prävali, nous voyons des fourneaux du type écossais sur colonnes en fonte, avec une légère chemise extérieure en brique rouge.

C'est une disposition élégante, commode pour travailler autour du creuset et de l'ouvrage; mais si la chemise extérieure est légèrement construite, il pourrait en résulter une

certaine perte de chaleur dans les périodes de pluies prolongées et de grands froids.

En tous cas, cette perte est certaine, indiscutable, quand, comme à Schwechat, on élève, au milieu d'une vaste plaine, balayée par tous les vents, des fourneaux Buttgenbach, à simple chemise réfractaire, sans aucune enveloppe extérieure.

Ce système, possible, économique peut-être dans un climat tempéré, peu pluvieux, et dans une situation protégée contre l'action trop violente des vents, est réellement par trop hardi dans des conditions comme celles où se trouve Schwechat, dans la plaine immense qui, de Vienne, s'étend vers l'est jusqu'au delà de la Leitha.

La *chemise intérieure des fourneaux* a d'abord été partout, elle est, encore maintenant, dans plusieurs usines, construite en pierre.

La nature de la pierre a varié; à mesure que la production journalière a augmenté et que les dispositions générales permettaient de marcher plus longtemps, on a également cherché à n'être plus retenu par la détérioration du massif intérieur.

A l'origine, à Eisenerz, par exemple, on employait exclusivement le calcaire à gros grain (triasique) de la vallée de Gsoll pour faire la sole du fourneau. Mais cette pierre éclatait, se pulvérisait et se creusait peu à peu, de sorte qu'il fallait mettre hors, tandis que le reste du fourneau était encore bon.

Ces inconvénients conduisirent à aller chercher au loin, près de Saint-Veit, en Carinthie, un grès-poudingue à gros galets de quartz.

La grande résistance au feu de cette pierre et la durée plus longue ainsi obtenue pour les fondages permirent de supporter les frais élevés des transports.

Pour les parois proprement dites, on employait du grès à fin grain de Gams (craie supérieure), qui présentait une

assez grande résistance pourvu qu'il fût resté longtemps exposé à l'air et qu'il eût perdu ainsi, très-graduellement, son eau de carrière.

Mais, au voisinage des tuyères, il s'usait cependant rapidement. Dès 1820, furent essayées, pour cette partie inférieure de la cuve, des briques réfractaires fortement comprimées et cuites avec soin. Leur effet fut très-bon; mais il ne fut pas regardé comme nécessaire de construire toute la cuve avec de pareilles briques, d'un prix élevé; on continua toujours à faire en grès les parois de la cuve proprement dite.

Ce n'est que dans ces derniers temps que les briques ont été appliquées, dans quelques fourneaux, pour la plus grande partie de la construction.

Ce sont généralement des briques de Blansko, en Moravie. Même dans les grands fourneaux, comme le Ferdinand de Hieflau, mis en feu à la fin de 1875, le haut de la cuve est encore fait en grès de Gams, sur $4^m,50$ à 5 mètres de hauteur.

Les fourneaux de la vallée de Vordernberg utilisent, depuis de longues années, les gisements de serpentine de Kraubach. Sur quelques points, on peut obtenir des pierres presque de toutes dimensions. Aussi voit-on encore la sole des hauts fourneaux de moyenne grandeur faite d'une seule pierre.

Le creuset, l'ouvrage, sont également en pierre serpentineuse de grandes dimensions, et de $0^m,80$ à 1 mètre et même plus d'épaisseur (suivant le diamètre).

Pour les parties supérieures des étalages et pour la cuve, on se contente de pierres plus petites, et même pour les parties hautes de la cuve on prend simplement les schistes chloriteux que fournit la vallée de Vordernberg elle-même.

Pour les grands fourneaux, il ne serait plus possible de transporter une pierre de fond de dimensions suffisantes. Aussi a-t-on recours, pour la sole, à l'emploi soit d'un pisé

fortement damé, soit de briques, quelquefois des deux matières superposées.

Dans le fourneau du baron von Mayr, par exemple, la sole est formée d'un pisé composé :

De 5/6 de magnésie calcinée et de 1/6 de chaux éteinte.

A Vordernberg, la sole d'un autre fourneau est composée de trois couches superposées :

1° Une couche de 1 mètre d'un mélange de	4 parties de quartz. 1 partie d'argile bleue.
2° Une couche de 0m,10 d'un mélange de	6 parties de quartz. 1 partie d'argile bleue.
3° Une couche de 0m,40 d'un mélange de	8 parties de magnésite. 1 partie d'argile.

La sole du grand fourneau neuf de Fridau est formée d'abord d'une couche de 0m,42 d'épaisseur en pisé de magnésite calcinée avec un peu d'argile; au-dessus est une couche de 0m,10 de briques de magnésite.

Tout le fourneau est en briques; en dessous des tuyères ces briques sont formées de 1 partie d'argile de Blansko contre 4 parties de magnésite calcinée; au-dessus des tuyères et dans tout le reste du fourneau, les briques sont faites de 1 partie d'argile de Blansko contre 4 parties de serpentine broyée.

A part les quelques fourneaux au coke (Schwechat, Prävali, Zelltweg) et les plus grands fourneaux au charbon de bois, tous les autres sont encore reconstruits en pierre, sauf au voisinage et au-dessous des tuyères.

Quelques fourneaux se contentent même, maintenant encore, de pierres qui ne peuvent recevoir qu'une taille bien imparfaite, comme par exemple Eisentratten, tout entier en schistes chloriteux.

Un très-bon ciment réfractaire est fourni par le mélange d'argile de Blansko et de talc pulvérisé (Federweiss) mis en suspension dans l'eau.

Une *bonne soufflerie* donnant le vent très-régulièrement

sous une pression bien constante est une condition essentielle pour la marche régulière des fourneaux; c'est une condition qui ne fut que bien lentement et bien tardivement réalisée.

Les explorateurs nous représentent les nègres du centre de l'Afrique pressant, avec leurs pieds ou avec leurs bras, des outres pour souffler les feux de forge; il ne faudrait guère remonter à plus d'un siècle pour retrouver encore de ces barbares installations auprès des Stücköfen. Le plus souvent, cependant, la force empruntée à quelque chute d'eau actionnait, le siècle dernier, des soufflets de forge proprement dits (Spitzbalge). Au commencement du siècle c'étaient quatre de ces soufflets (deux à chaque tuyère) que l'on installait auprès du fourneau Wrbna, à Eisenerz.

Mais, déjà à cette époque, quelques fourneaux étaient munis de souffleries formées de plusieurs caisses en bois rectangulaires, à simple effet (*).

Dans plusieurs usines, nous avons encore vu fonctionner de vieux pistons en bois fixes ou oscillants, qui lancent en gémissant un peu de vent sous une pression de 2 à 3 centimètres au plus.

Treibach, conservant en 1820 l'avance qu'il avait su prendre depuis de longues années sur les autres fourneaux autrichiens, installait la première soufflerie à cylindres en fonte. Ils étaient à simple effet.

Il faut, à Eisenerz, atteindre l'année 1843 pour voir installer les premiers cylindres soufflants en fonte, à double effet.

Plusieurs anciennes usines ont encore de ces souffleries à cylindres verticaux oscillants ou fixes; mais, auprès des nouveaux fourneaux, se trouvent de belles et solides ma-

(*) C'est en 1766 que le comte Egger fit installer dans ses usines la première soufflerie à caisses, et en 1868, sur 19 hauts fourneaux de Carinthie, deux seulement conservaient encore les anciens soufflets de forge.

chines soufflantes, de types assez divers. Cependant les cylindres horizontaux semblent avoir la préférence.

Autant que possible, on a cherché à perfectionner le moteur hydraulique; les nouvelles usines, telles que Zelltweg, Prävali, Schwechat, n'avaient que peu ou pas de moteur hydraulique : elles ont donc dû recourir aux machines à vapeur.

Le type vertical à balancier ne se trouve qu'à Schwechat, où il est représenté par un modèle des plus volumineux, construit par Sigl, et à Niklasdorf. Cette dernière machine, qui n'est guère moins massive, vient d'une usine des bords du Rhin.

Jadis, l'air passait directement du soufflet dans le fourneau par une seule et unique buse, sans interposition d'aucun régulateur; des conduits en bois ou en tôle avec coudes en cuir étaient tout ce qu'il fallait pour diriger le vent froid sous cette faible pression. Ce n'est que vers 1835 que furent tentés les premiers *essais de chauffage du vent.*

Appareils à air chaud. — Les mêmes préventions, qu'on a retrouvées partout, apparurent contre ce perfectionnement. On accusa le vent chaud d'altérer la qualité de la fonte; et cette préférence donnée aux fontes à l'air froid pour l'affinage a persisté si longtemps que nous avons vu, l'an dernier encore, deux fourneaux de Vordernberg, où jamais aucun appareil à air chaud n'avait été monté. Le second de ces fourneaux a dû s'éteindre définitivement à la fin de 1875.

C'est à Jembach, en Tyrol, que fut essayé pour la première fois, en 1835, l'emploi de l'air chaud.

Peu après, Turrach, Eberstein et, en 1840, Eisenerz, installèrent à leur tour des appareils à air chaud.

Ces premiers appareils furent toujours construits auprès du gueulard lui-même; on considérait la chaleur propre des gaz comme une fraction très-importante de la chaleur

totale, et l'on ne voulait pas la perdre en faisant parcourir aux gaz chauds la hauteur du fourneau.

Auprès de bien des fourneaux nous avons encore trouvé l'appareil à air chaud placé au gueulard. Mais, dans les nouveaux, cette pratique est complétement abandonnée.

On a reconnu tout l'avantage que présentait un appareil bien dégagé, facile à nettoyer et à réparer; on a constaté également l'influence nuisible des masses de poussières entraînées. Aussi installe-t-on toujours des systèmes d'épuration et de lavage, de façon à n'amener sous les chaudières et sous les appareils à air chaud que des gaz bien dépouillés de matières en suspension.

La perte subie par la non-utilisation de la chaleur propre des gaz est ainsi largement compensée par la meilleure conductibilité des appareils; d'ailleurs cette chaleur propre elle-même a diminué par l'élévation des fourneaux.

La plupart des fourneaux ne sont encore munis que de petits appareils en fonte, capables seulement de chauffer l'air entre 200 et 300° C.

Plusieurs ont des appareils Wasseralfingen du genre de celui qui fut installé le premier à Eisenerz, auprès du fourneau Wrbna. Cet appareil se composait de 20 tuyaux longs chacun de $1^m,75$, et d'un diamètre intérieur de $0^m,13$.

L'air était chauffé vers 175° C., et l'on avait une surface de chauffe de $0^{m^2},54$ par mètre cube d'air injecté par minute.

Ce ne sont que les nouveaux fourneaux qui nous présentent des surfaces de chauffe supérieures à 1^{m^2} par mètre cube d'air injecté par minute.

A Fridau, la surface atteint $1^{m^2},40$; à Neuberg, elle monte à environ $2^{m^2},50$, ce qui a permis d'atteindre parfois jusqu'à 600° C. A Schwechat, la surface est plus grande encore, elle atteint $2^{m^2},62$ (dans le cas où les appareils d'un même fourneau sont tous trois en feu). Mais les dispositions défectueuses de ces appareils ont rarement permis de dépasser 350 à 360° C.

Tous les appareils que nous venons de citer sont en fonte; ce sont presque toujours des Calder plus ou moins modifiés par ovalisation ou aplatissement des tuyaux pour augmenter la surface de chauffe. Ce sont parfois aussi des appareils à pistolets, à tubes recourbés ou complétement droits.

Presque chaque usine a son type; mais ce qui est peut-être plus important que la forme ou l'assemblage des tuyaux, c'est le mode de combustion des gaz, pour assurer une disparition complète de l'oxyde de carbone.

Les dispositions sont variées aussi pour produire le mélange de gaz et d'air; mais il est rare de trouver des dispositions complétement satisfaisantes.

De chambre de combustion, nous n'en avons vu nulle part en usage; les ingénieurs de la compagnie d'Innerberg ont fait plusieurs tentatives; mais les dispositions, un peu compliquées, ne remplissaient qu'imparfaitement le but.

Il vaut la peine cependant de signaler les bons résultats qu'ont donnés à Eisenerz les caisses en fonte dans lesquelles sont répartis de nombreux tuyaux à air; amené en une quantité de jets distincts, au milieu de la masse gazeuse, l'air produit une combustion bien plus complète que dans le cas, plus fréquent, où gaz et air arrivent parallèlement en deux nappes, qui réellement ne se mélangent pas (Pl. XIV, *fig.* 10, 11 et 12).

L'une des principales causes du peu de chaleur fournie par les appareils de Schwechat est précisément une combustion très-imparfaite, qui ne va s'achever que dans la cheminée même.

D'appareils en briques, nous n'en trouvons absolument qu'à Fridau. Obligés d'économiser la place et l'argent, les ingénieurs n'ont voulu établir que deux appareils. La construction du premier s'achevait quand la crise de 1873 a fait suspendre les travaux. On ne se proposait d'ailleurs pas de dépasser les températures qui sont encore possibles avec les appareils en fonte (5 à 600°). Aussi, en face

de la persistance de la crise, avait-on mis en avant le projet de raser ce qui a été fait et de se contenter d'appareils en fonte, bien plus économiques d'installation.

Prises de gaz.

Dans toutes les anciennes usines, la *prise de gaz* est disposée de la même façon : le gueulard est ouvert, et les gaz sont recueillis par deux ou un plus grand nombre d'orifices percés dans les parois du fourneau, derrière une trémie qui descend à 2 mètres ou 2^{m},50 dans l'intérieur de la cuve.

Presque toujours, il s'échappe une certaine proportion de gaz par le gueulard; on a toujours soin de le maintenir allumé.

Les gaz, réunis d'abord dans un tuyau unique, vont se répartir entre les appareils à air chaud, les fours de grillage, ou les chaudières, suivant les cas.

Le chargement se fait partout avec des wagonnets en tôle, soit à fond plat, formé de deux volets qui tombent par simple traction d'un encliquetage; soit à fond fixe, conique, mais à parois mobiles et soulevables par pression sur une pédale. Ces derniers wagons, surtout employés pour les minerais, les répartissent très-uniformément sur toute la surface du gueulard.

Pour le charbon de bois, on emploie souvent de grands wagonnets dont les parois sont formées par un simple treillis en fil de fer. Ils sont légers et contiennent un volume considérable; le fond est à volets se rabattant de part et d'autre.

Les gueulards fermés ne sont employés qu'à Prävali et Schwechat. Prävali avait, dans son fourneau au coke, l'appareil d'Hayange, à cône mobile par pression hydraulique, avec prise de gaz centrale.

Schwechat emploie un appareil qui n'est plus, en réalité,

qu'une simple *cup and cone*, tandis qu'il avait été construit en vue d'un double mouvement : d'élévation au-dessus du cône fixe pour charger le coke au centre; d'abaissement au-dessous de la position de fermeture, pour rejeter le minerai aux parois (Pl. XIII, *fig.* 1).

Pour réaliser ce double mouvement, il faut que le cône mobile et le tronc de cône fixe aient leur circonférence inférieure exactement de même diamètre; sans cela, de deux choses l'une : ou le soulèvement n'est pas possible, ou la fermeture n'est pas hermétique.

Pratiquement, cette égalité de diamètre est vite détruite par gondolage et dilatation. Que les pièces soient en fonte ou en tôle, qu'elles soient même très-fortes, le système ne peut fonctionner dans un fourneau où le feu monte au gueulard. Et c'était précisément là un accident fréquent, presque normal, causé par les dimensions relatives du gueulard et du cône mobile.

Pour permettre le soulèvement, on a été obligé d'avoir un cône relativement petit; de sorte que l'espace entre la paroi du fourneau et l'arête inférieure du cône était trop grand ($0^m,80$), surtout pour du minerai très-fin, comme le fer spathique grillé. Il en est résulté que le minerai, loin d'être projeté contre les parois, formait un anneau, et que le coke en gros fragments roulait aux parois.

Le feu se portait donc tout naturellement le long de ces parois, contre lesquelles circulait une grande partie des gaz.

En augmentant le diamètre du cône mobile en dessous du tronc de cône fixe, c'est-à-dire en établissant un appareil *cup and cone* ordinaire, on a remédié au grave inconvénient que présentait cet appareil, très-ingénieux au premier coup d'œil, mais défectueux par le fait du manque de proportions.

Le *lavage des gaz* aurait paru une impossibilité et une perte considérable aux premiers ingénieurs, qui ne s'étaient pas encore formés une idée nette sur leur nature chimique,

et sur la différence qui existe entre la chaleur propre des gaz brûlés et la chaleur que pourraient encore fournir les gaz à proportion considérable d'oxyde de carbone.

Mais à la longue, les inconvénients que présentent les nombreuses poussières en suspension dans les gaz, surtout depuis que l'on charge presque exclusivement des minerais grillés, ont conduit à l'installation des épurateurs de gaz.

Les nouveaux grands fourneaux en présentent seuls d'un peu complets; presque toujours le tuyau descendant du gueulard se termine à une petite distance du sol, et se trouve entouré d'un tube concentrique d'un diamètre beaucoup plus grand vers le haut, et plongeant par sa base dans un réservoir d'eau qui forme fermeture.

L'écoulement des gaz se produit par des tuyaux adaptés à la partie haute du tube extérieur.

Les gaz, descendant du gueulard, abandonnent toutes les poussières lourdes, qui tombent directement dans le réservoir d'eau; une partie plus menue ne peut pas suivre le mouvement ascendant des gaz qui montent par l'espace annulaire pour gagner les orifices d'échappement; de là, une nouvelle épuration. Souvent on fait tomber dans le grand tuyau de descente une pluie fine, qui humecte et précipite une proportion de poussière plus forte encore.

Le lavage s'achève par une circulation plus ou moins longue, tour à tour montante et descendante, dans une chambre munie d'une série de cloisons; une pluie abondante, tombant dans ceux des compartiments où la circulation se fait de haut en bas, accélère le mouvement tout en améliorant l'opération.

Grillage des minerais. — Le fer spathique n'est presque jamais employé cru dans les fourneaux; on en est venu depuis quelques années, sinon à griller complètement, au moins à dessécher et décomposer partiellement les menus les plus fins eux-mêmes.

Suivant les usines, le but que l'on se propose est différent : dans les minerais de l'Erzberg de Styrie et dans ceux de Carinthie, il n'y a guère que l'acide carbonique, et l'eau dans les menus, que l'on ait à expulser.

C'est donc à une calcination simple qu'il faut procéder; il faut l'effectuer le plus économiquement possible, tout en la rendant complète.

Dans les minerais de Gollrad et autres, que traitent les usines de Mariazell et de Neuberg, les pyrites sont abondamment mélangées aux carbonates; l'expulsion du soufre doit donc être ici le but essentiel que l'on ait en vue.

Les différences dans le résultat à produire, suivant les conditions locales, amènent donc le choix de méthodes diverses, que nous pouvons cependant classer suivant trois ypes :

1° Grillage dans des fours coulants, avec combustible mélangé à la masse minérale;

2° Grillage dans des fours à cuve ou à réverbère, avec gaz des fourneaux;

3° Grillage avec gaz produits dans des foyers spéciaux.

Un résultat que l'on doit demander à tous les fours, c'est de ne pas fournir de chaleur locale trop élevée. En effet, un minerai spathique perd son acide carbonique à une empérature relativement faible, et s'il n'a pas été surchauffé, il reste en masse poreuse très-facile à traverser par les gaz réducteurs; si la chaleur est trop élevée, il y a frittage, c'est-à-dire combinaison des bases avec la silice qui existe toujours en quantité plus ou moins forte, ou fusion de l'oxyde magnétique qui résulte de la calcination du carbonate. Cette masse semi-fondue est beaucoup plus difficile à réduire. Il y a donc avantage à l'éviter.

1° *Grillage au moyen d'un combustible solide.* — Dans le choix des combustibles il faut faire grande attention aux éléments secondaires, qui exercent souvent une influence

fâcheuse sur les matières chauffées, surtout lorsque le combustible est directement mêlé à la matière minérale.

C'est cette considération qui limite la nature des combustibles propres au grillage. Ainsi les lignites, si abondants en Styrie; les tourbes, si répandues en Carinthie, ont d'abondantes cendres, toujours plus ou moins riches en soufre, phosphore et arsenic. Ce ne serait qu'aux dépens de la qualité de la fonte qu'on pourrait mélanger le minerai aux lignites ou aux tourbes.

Il ne peut donc être question, à de rares exceptions près, d'employer dans les fours à cuve autre chose que du bois ou du charbon de bois.

Auprès des hauts fourneaux, comme à Eisenerz, on a toujours à sa disposition du fraisil en quantité abondante; son emploi est tout indiqué. Mais quand il s'agit de griller d'immenses quantités de minerais, 4 à 5 millions de quintaux, il ne faudrait plus seulement les déchets de trois hauts fourneaux, mais presque tout leur charbon de bois. On est donc obligé d'amener de Hieflau d'abord et même des autres centres de carbonisation plus éloignés ces fraisils, qui étaient autrefois abandonnés.

Sur d'autres points, tels que Gollrad, où l'on n'a aucun haut fourneau à proximité, il faut remplacer le charbon par le bois lui-même. C'est un procédé fort coûteux, puisque les gaz qui proviennent de la torréfaction et de la carbonisation du bois, refroidis par la masse de minerais, s'échappent en grande partie sans brûler. Leur expulsion même consomme du charbon.

Le minerai d'Eisenerz, qu'il soit grenu, compacte ou cristallin, devient également friable sous l'action de la chaleur. C'est cette propriété qui limite d'une façon presque absolue la hauteur des fours, quel que soit le combustible, charbon ou gaz. La masse se tasse, le menu tamise entre les fragments, et l'air ne passe plus qu'avec une extrême difficulté. Souffler les fours atténuerait cet incon-

vénient, mais en causerait un, non moins grave. En concentrant la zone de combustion, on produirait une température locale plus forte et, par suite, le frittage de la masse. Le remède serait pire que le mal.

Les fours peu élevés, employés à Eisenerz, sont donc imposés par la nature même des minerais.

Ils ont de 4 à 5 mètres de hauteur intérieurement.

Ils sont rectangulaires, de $2^m,85$ de largeur sur $4^m,50$ ou $6^m,50$ de longueur (Pl. XIII, *fig.* 4, 5 et 6).

Les grands cubent donc 85 mètres cubes.

Ils contiennent 150 tonnes de matière, minerai et charbon. La charge ordinaire, introduite en une fois, est de 625 kilog. de menu charbon de bois et de 12.500 kilog. de minerai tout-venant.

Le minerai séjourne de 6 à 7 jours dans le fourneau, qui produit ainsi 15 à 20 tonnes de grillé par 24 heures.

Quand on charge du gros trié, la calcination est plus rapide, et la production peut monter à 30 et même à 40 tonnes par 24 heures.

Mais on voit qu'avec le minerai ordinaire la marche est lente, puisqu'il faut compter 5 mètres cubes de capacité par tonne produite par 24 heures.

La consommation est de 4 ou plutôt 5 p. 100 en poids, du minerai tout-venant chargé.

Dans les anciens fours, dont plusieurs rangées existent encore, la hauteur n'était que de 4 mètres. Ils ne cubaient que 45 mètres cubes; la consommation était plus forte : elle atteignait 58 kilog. de fraisil par tonne de minerai chargé.

Les fours d'Eisenerz, comme ceux de Hüttenberg, sont à parois pleines et terminées inférieurement, de part et d'autre, par une double rangée de grilles à gradins.

L'air, entrant par les intervalles des barreaux, s'échauffe en traversant la couche inférieure de minerai déjà grillé, et vient, à mi-hauteur, brûler le charbon de bois;

les produits de la combustion abandonnent leur chaleur sensible en traversant les parties hautes du four. Il y a donc chauffage méthodique; seulement il y a transformation partielle de l'acide carbonique en oxyde de carbone qui s'échappe.

Il est essentiel que les fours ne soient pas de plus de 4 mètres à $4^m,50$, sans cela l'air traverse difficilement la colonne de minerai grillé qui se trouve au-dessous de la zone de combustion. En tous cas, il ne passe qu'un faible excès d'air, et cette disposition ne peut pas convenir à des minerais pyriteux.

Pour ceux-ci, on emploie des fours à cuve dont les parois latérales sont percées de nombreux ouvreaux.

Suivant l'axe de ces fours, ronds ou ovales, se trouve également une double cloison en maçonnerie semée de carneaux qui portent l'air au milieu de la masse.

Ce canal central est mis en communication avec l'extérieur par un conduit unique, qui peut être plus ou moins fermé par un registre; l'admission d'air par les ouvreaux des parois latérales se règle par l'emploi de simples briques mises à l'entrée des conduits.

L'espace occupé par le minerai dans de pareils fours (à Gollrad, par exemple) n'a qu'un mètre de largeur, de sorte que l'air pénètre abondamment dans la masse, et le grillage est assez complet, sans qu'il se produise dans une zone trop restreinte. Il n'y a donc nulle part température un peu élevée, ce qui est favorable à la sulfatisation des pyrites.

La consommation, dans ces fours, est plus forte que dans ceux à parois pleines; ainsi, à Gollrad, on ne brûle pas moins de 8 pieds cubes (1/4 de mètre cube) de menu charbon de bois par tonne de minerai grillé, ou de 22 pieds cubes ($0^{m^3},68$) de bois, également par tonne de minerai grillé.

La production de ces fours à admission d'air est à peu

près la même que celle des fours d'Eisenerz. Le minerai met à peu près cinq jours à les parcourir. La charge est réglée de façon que le minerai forme une couche de $0^m,45$ à $0^m,50$ d'épaisseur.

Autrefois, à Mariazell, pour traiter les minerais extrêmement pyriteux, l'ingénieur Wagner avait eu l'idée de construire un four rond dont les parois latérales étaient complétement formées de tablettes en fonte espacées de $0^m,15$ à $0^m,18$.

La masse de minerai, mélangée au combustible, était en quelque sorte suspendue dans un treillis à mailles très-larges, au travers desquelles le vent circulait librement.

Il y avait là excès; la masse d'air exerçait une action réfrigérante par trop intense, et la marche était des plus irrégulières. Le four, longtemps abandonné, a été transporté à Neuberg, où il a été modifié et où il marche avec succès depuis lors, en réalisant très-convenablement le but que se proposait Wagner, l'oxydation complète des pyrites (Pl. XIV, *fig.* 8 et 9).

Toute la partie supérieure de ce four à cuve, de $3^m,80$ de hauteur, est pleine, et les tablettes inférieures seules restent libres; on peut d'ailleurs, suivant les vents, augmenter ou diminuer la section ouverte de la paroi. Ainsi il y a diminution très-grande de la quantité d'air introduite par les parois; par contre, par l'emploi d'une cheminée centrale percée de nombreux ouvreaux, l'air est amené au centre, comme dans les fours ordinaires de Gollrad.

Ce four cube environ 21 mètres; il produit de 6 à 7 tonnes par vingt-quatre heures. Le volume de vide intérieur par tonne de minerai grillé est donc de 3 mètres cubes à $3^{m3},5$.

La consommation est plus forte encore qu'à Gollrad: elle atteint $0^{m3},4$ par tonne de minerai grillé, soit environ 7 1/2 à 8 p. 100 en poids.

2° *Grillage avec les gaz des fourneaux.*—A la vue des gaz

qui s'échappent des fourneaux et qui s'élèvent en longues flammes au-dessus des gueulards, on est naturellement conduit à chercher à utiliser cette chaleur si considérable qui se dégage en pure perte. Les appareils à air chaud emploient une partie de ces gaz; mais, grâce aux préventions assez légitimes, semble-t-il, que suscite l'emploi d'air surchauffé au delà de 350 ou 400°, on ne trouve dans le chauffage de l'air qu'une partie de l'utilisation des gaz.

La force motrice hydraulique ne faisant presque jamais défaut dans les anciens fourneaux, il n'y avait pas besoin de chaudières. Ce n'était donc qu'au grillage des minerais que l'on pouvait utiliser l'excédant de gaz.

Des essais assez divers ont été tentés en vue du traitement soit des gros, soit des menus.

Le gaz arrive sous une faible pression; il ne peut donc être question d'opposer à son mouvement qu'une résistance peu intense, sans cela il sera refoulé et s'échappera par le gueulard toujours ouvert.

Griller des menus en fours à cuve n'est donc pas possible, et pour pouvoir griller de gros fragments, il faut même n'avoir qu'une petite hauteur; de plus, comme les gaz arrivent par des orifices percés dans les parois, il ne faut avoir qu'une largeur de cuve très-faible.

Les fours à cuve doivent donc être bas, étroits, mais ils peuvent être allongés. Reste maintenant à disposer de pareils fours, les uns par rapport aux autres, de façon à leur faire occuper le moins de place possible. Il n'y a guère d'autre moyen que de les accoler par leur plus grande dimension. La nécessité de charger et de tirer régulièrement le minerai restreint la longueur du four.

On en arrive ainsi forcément aux dimensions qu'a adoptées l'ingénieur Fillafer, de Fridau.

Au premier abord, de si petits fours semblent peu rationnels; on est porté à se récrier contre le cube considérable de maçonnerie et le faible vide intérieur; mais quand, pre-

nant chaque dimension successivement, on cherche à l'augmenter, on voit que cela ne serait possible qu'aux dépens de la régularité de la marche.

Un four Fillafer n'a que $0^m,55$ de large sur $1^m,25$ de long et $2^m,20$ de hauteur, depuis la grille jusqu'au gueulard. En réalité, on ne doit compter comme hauteur utile que celle au-dessus des orifices d'entrée de gaz situés à $0^m,30$ au-dessus de la grille (Pl. XIV, *fig.* 1, 2, 3, 4 et 5).

Le volume d'un four n'est donc que de $1^{m^3},3$; la production, par vingt-quatre heures, est de 4 tonnes à $4^t,5$ de minerai calciné.

Ce n'est donc à peu près qu'un tiers de mètre cube de vide par tonne de minerai grillé.

L'opération se passe dans des conditions assez méthodiques, puisque le minerai situé au-dessous de la grille, et entre la grille et les orifices de gaz, est refroidi par l'air qui arrive chaud pour produire la combustion.

Le chargement se fait par petits wagonnets de 400 kilogrammes.

Ces fours peuvent servir à griller ou à calciner toute autre matière que les minerais ; c'est ce qui a lieu, à Trofayach, par exemple, où quatre fours étaient chargés de calcaire ; la chaux vive, tirée rouge, était conduite directement au fourneau.

Dès que les minerais sont trop fins, les gaz sont refoulés ; ils s'échappent sous la grille au lieu de monter, et il n'y a plus de grillage possible.

Pour des menus, il n'y a que les fours à réverbère qui soient possibles ; mais pour charger, puis retirer de la sole d'un réverbère, du minerai en poussière, la main-d'œuvre est de suite considérable, et la légère économie apportée par l'emploi du minerai grillé est bien vite absorbée par ces frais de manutention ; observons d'ailleurs qu'une couche de $0^m,08$ à $0^m,10$ ne serait réellement calcinée dans toutes ses parties que si l'on y opérait un rablage actif.

Si au contraire, au lieu d'une sole horizontale, on emploie une sole assez inclinée pour que le minerai coule de lui-même, le chargement, le rablage et l'extraction se feront presque sans frais.

C'est là l'idée qui a conduit le directeur des fourneaux de Hieflau, M. Moser, à construire les fours qui portent son nom (Pl. XIV, *fig.* 6 et 7).

Les gaz débouchent par des orifices percés dans la voûte et dans les parois latérales, vers le bas; l'air arrive par l'orifice de déchargement en léchant le minerai prêt à sortir; ils se mêlent, brûlent au-dessus de la masse pulvérulente étendue sur une pente assez rapide pour que le mouvement se produise naturellement, puis s'échappent en emportant malheureusement une somme de chaleur beaucoup trop considérable. En effet, comme on ne veut pas remonter trop haut le minerai, ni le laisser descendre trop bas, on est limité par le niveau d'arrivée des minerais et le niveau du gueulard; la pente est imposée par la condition du mouvement naturel; la faible longueur de la sole inclinée s'ensuit.

Si ce n'étaient ces conditions, si l'on pouvait avoir une sole suffisamment longue, unique ou fractionnée en une série de parties à pentes inverses, on pourrait arriver à une utilisation de la chaleur aussi parfaite que dans les grands fours de grillage des minerais plombeux ou pyriteux.

Dans une usine où l'on emploie une machine à vapeur, on pourrait encore très-utilement installer une chaudière au-dessus de ces fours. Les gaz chauds seraient ainsi utilisés plus efficacement.

Pour réaliser l'écoulement régulier du minerai, il est nécessaire de faire varier l'inclinaison de la sole : forte dans la partie haute, où la masse est encore humide, compacte, l'inclinaison peut être moindre dans la partie inférieure, où le tout se trouve à l'état pulvérulent.

La pente varie entre 35 et 38° dans la partie inférieure, et 48 à 50° dans la partie haute.

A l'origine, M. Moser ne comptait réaliser qu'une dessiccation complète, ce qui était déjà important, puisque les minerais menus contiennent souvent 16 à 20 p. 100 d'eau par les mauvais temps, et presque toujours de 8 à 10 p. 100. Mais la pratique a montré qu'un four de 5 à 6 mètres de longueur permettait de réaliser un grillage presque complet à condition de ne pas vouloir aller trop vite. Les premiers fours montés à Eisenerz étaient munis d'une grille à la partie inférieure; on y entretenait un feu assez actif de lignite, pour assurer l'inflammation du gaz. Par le fait, cette complication était inutile, car une fois le four chaud, les parois bien rouges, l'inflammation des gaz est très-complète. On a donc pu prolonger la sole en ligne droite, ce qui fait gagner près de 2 mètres de longueur utile.

En maintenant la trémie de sortie pleine de minerai grillé, on assure le chauffage de l'air, et la combustion des gaz est ainsi produite dans de bonnes conditions.

La production d'un four de $1^{m},25$ de largeur est d'environ 100 à 125 tonnes par semaine, quand on veut seulement dessécher et griller partiellement. Comme l'épaisseur moyenne du minerai ne doit pas dépasser 12 à 14 centimètres, on voit que, — pour arriver à cette production, — les matières ne doivent séjourner guère plus de 3 à 4 heures dans le four. La production se réduit à 45 ou 50 tonnes par semaine quand on veut obtenir un grillage à peu près complet.

Dans quelques usines, à Neuberg par exemple, le four Moser ne sert pas seulement pour les menus, mais aussi pour le gros; dans ce cas, tout l'espace entre la sole et la voûte est rempli par le minerai. Mais alors, il n'est guère possible de produire plus de 35 tonnes de gros bien grillé.

Le four suédois de Danemora, chauffé avec les gaz des

hauts fourneaux, est employé dans quelques usines, à Heft, par exemple. Mais ses résultats le rendent peu recommandable. On a dû le modifier par l'adjonction d'une colonne creuse centrale, en briques réfractaires, par laquelle on fait arriver de l'air; jusqu'au moment où l'on a introduit cette modification, il se formait une colonne centrale de minerai cru qui ne se modifiait que très-lentement.

En introduisant l'air sous pression suivant le système de l'ingénieur Westmann, on atténue en grande partie la mauvaise répartition de la chaleur et des gaz. Mais on obtient une chaleur locale trop élevée, ce qui est un grand inconvénient, car le frittage du minerai, bien loin d'être ici de quelque utilité, rend la réduction plus difficile en diminuant la porosité des fragments. Cet inconvénient n'existe pas en Suède, où le minerai est du fer oxydulé compacte; là il faut, au contraire, une zone à température élevée pour produire l'éclatement du minerai et la décomposition des sulfates.

3° *Grillage au moyen de gaz produits dans des foyers spéciaux.* — Dans bien des cas, surtout maintenant que la production des fourneaux augmente, il faut suppléer aux souffleries mues par un moteur hydraulique en employant une machine à vapeur. Les gaz du fourneau trouvent leur emploi dans le chauffage de ces chaudières, et il n'en reste pas une quantité suffisante, au moins à certaines époques, pour griller le minerai. Il faut brûler du combustible spécialement en vue du grillage; tant qu'on a des déchets de charbon de bois, on peut employer les fourneaux à cuve. Mais plutôt que de mélanger des lignites ou des tourbes cendreuses et impures au minerai pur, mieux vaut brûler le combustible sur grille, et ne conduire que des gaz brûlés dans la masse du minerai.

Tel est le principe des anciens fours de Vordernberg, à cuve verticale avec grilles latérales de chaque côté (*fig.* 1,

2, 3, Pl. XII), et des fours Moser modifiés ou fours à réverbère, à soles inclinées et grilles latérales.

Ces derniers fours sont employés à Fridau, comme appareils de secours. La consommation est relativement forte, car il s'échappe beaucoup de gaz non brûlés. La véritable solution serait un gazogène, et, à l'entrée du four, une chambre de combustion assez resserrée et à température assez élevée pour qu'il ne puisse s'en échapper que des gaz brûlés.

Profils des hauts fourneaux au charbon de bois. Lits de fusion. — Consommations.

Nous avons vu ci-dessus le mode de construction des fourneaux, les matériaux avec lesquels ils sont bâtis; nous avons passé en revue les différents appareils qui sont venus successivement se grouper autour d'un fourneau pour assurer la régularité de sa marche et amener une économie de plus en plus grande dans les consommations de combustibles.

Allons plus avant, et voyons les profils des cuves elles-mêmes et les compositions des lits de fusion dans les différents groupes d'usines.

Notons, avant tout, qu'on se propose presque uniquement la fabrication d'une fonte blanche rayonnée.

Un simple coup d'œil sur les planches qui accompagnent cette note montre qu'un profil unique, très-simple, est presque universellement adopté.

Deux troncs de cône reposant l'un sur l'autre par leur grande base, avec interposition, dans certains cas, d'une partie cylindrique plus ou moins haute, tel est le profil le plus habituel (Pl. XI et XII).

Le ventre est situé au tiers de la hauteur totale. Il n'existe pas de creuset ni d'ouvrage proprement dits. Le profil est élancé, quelquefois presque cylindrique. Ce sont là les conditions les plus favorables à la descente régulière

des charges; et pour des minerais aussi faciles à réduire que les fers spathiques, mais également si fusibles, l'absence d'étranglement dans les parties moyennes est une nécessité; sans cela la masse fondrait avant de se réduire. Il faut produire une zone très-restreinte à haute température pour fondre le laitier, et avoir de suite abaissement de température, pour que la masse incomplétement réduite, qui se trouve à quelques pieds plus haut, ne puisse fondre, quoique, par sa nature même, elle soit essentiellement fusible. En effet, c'est là, à une très-faible hauteur au-dessus des tuyères, que s'opère la réduction de la plus grande partie de l'oxyde de manganèse qui, par sa présence à côté de la chaux et de l'alumine, augmente tant la fusibilité. L'agrandissement excessif du diamètre au creuset était un autre danger à éviter, et ce n'est qu'après quelques essais malheureux, où la consommation était considérable, que l'on en est venu aux proportions actuelles.

Ainsi en 1855, à Eisenerz, on voulut augmenter le volume d'un fourneau, et pour cela, sans toucher à la hauteur ni au diamètre du gueulard, on développa le diamètre du creuset. La pression du vent restant la même, la marche de ce fourneau fut détestable (Pl. XII, *fig.* 38).

Maintenant que les souffleries se perfectionnent, la faiblesse de pression du vent n'est plus un obstacle à l'augmentation de hauteur du fourneau. Aussi est-ce par ce moyen que les fourneaux peuvent se développer en hauteur et en diamètre. De sorte que les fourneaux actuels (de Hieflau et surtout de Treibach) peuvent atteindre et dépasser 50 mètres cubes, tout en ayant, en somme, un profil plus élancé qu'autrefois.

Les chiffres contenus dans les tableaux ci-joints (pages 616 à 621) montrent que cette voie est la plus avantageuse, car c'est en la suivant que certains fourneaux sont près d'atteindre la consommation théorique.

Quelques fourneaux, cependant, traitent des mélanges de

minerais moins fusibles que les fers spathiques purs, ou veulent produire des fontes grises. Leur profil est alors déjà un peu différent.

A Heft, il s'agit de fabriquer des fontes grises Bessemer avec des minerais spathiques; aussi voyons-nous apparaître un creuset cylindrique, mais il est large, peu élevé, suivi d'un élargissement rapide, nécessité par la fusibilité de la masse (Pl. XI, *fig.* 22).

A Mariazell, ce sont des fontes de moulages qu'on veut produire et les minerais sont en partie moins réductibles que les fers spathiques purs. Aussi voyons-nous un creuset et un ouvrage cylindrique assez élevé (Pl. XI, *fig.* 12, 13 et 14).

L'élargissement si brusque, avec étalages si aplatis, doit sans doute amener la formation d'un profil pratique différent de ce profil théorique. L'arête supérieure du creuset cylindrique en s'usant, le ventre en se remplissant, doivent donner naissance à un profil peu éloigné de celui employé à Heft, à cela près que le creuset est plus profond.

Ce profil est encore exagéré dans le fourneau de Waidisch; mais le travail de ce fourneau doit être considéré tout à fait à part, puisque le lit de fusion se compose exclusivement de scories diverses (feux d'affinerie, fours à puddler et à réchauffer). Ce sont des matières très-difficiles à réduire; le fort dosage en chaux écarte le danger d'une fusion trop prompte, mais nécessite une zone à température particulièrement élevée. Ainsi se trouve justifié l'emploi d'un pareil creuset, quoique le profil pratique doive être rapidement différent de ce profil anguleux, qui n'aurait d'autre effet, s'il subsistait, que de culbuter et de brouiller les charges (Pl. XI, *fig.* 9).

Tous les fourneaux sont à poitrine fermée, sans avant-creuset.

Styrie. *Hauts fourneaux marchant avec minerais de l'Erzberg.* — Les minerais de l'Erzberg n'ont pas, en tous

les points, la même composition, et la différence ne vient pas seulement d'une altération plus ou moins forte qui a occasionné l'élimination de l'acide carbonique et la peroxydation du fer. Il y a altération, comme nous l'avons déjà dit, par la présence de matières siliceuses et talqueuses, ou par substitution de CaO à la place de FeO.

On a donc, en prenant les types les plus caractéristiques, les compositions suivantes (*) :

	MINERAIS de Söberhaggen.	MINERAI spathique blanc compacte.	MINERAI spathique pur.	ANKÉRITE.
FeO	56,1	45,00	56,30	17,36
Fe^2O^3		»	»	»
MnO	2,1	2,1	3,30	1,78
CaO	0,9	7,78	»	28,11
MgO	traces	1,20	1,50	8,44
SiO^3	16,5	6,80	»	0,60
Al^2O^3	0,4	»	»	0,96
CO^2	24,0	36,69	38,90	42,72
	100,0	99,57	100,00	99,97

Le minerai de Söberhaggen est situé vers la partie inférieure du gisement d'Eisenerz. C'est un minerai siliceux, mais qui ne forme qu'une fraction très-faible de la masse totale.

Il y a, par contre, plusieurs autres chantiers où l'on trouve du minerai contenant 8 à 11 p. 100 de silice.

L'ankérite proprement dite n'est évidemment pas utilisable. On jette même aux remblais tout ce qui contient moins de 25 et même de 30 et 35 p. 100 de fer.

Le minerai spathique absolument pur est rare; mais le minerai spathique blanc, compacte, est le plus fréquent.

Si donc on veut avoir une idée exacte du minerai traité, tel qu'il est chargé au fourneau, après avoir été mélangé

(*) Analyses faites au bureau d'essai de Vienne (K. K. Probir-Amt) et publiées tous les ans dans le *Jahrbuch* de Leoben ; ou à Leoben, à l'École des mines (Berg-Academie) ; ou enfin dans les laboratoires particuliers des usines.

dans toutes les manipulations successives, il faut se baser sur les analyses faites par le bureau d'essai de Vienne sur les prises d'essais moyennes.

Minerais d'Eisenerz (sur 100 parties desséchées à 100°).

	MINERAI MENU cru.	MINERAI EN ROCHE grillé.
Fe^2O^3	28,36	67,78
FeO	22,87	2,00
Mn^2O^3	1,67	»
MnO	1,36	3,86
CaO	4,65	7,15
MgO	2,60	2,90
Al^2O^3	4,29	1,79
SiO^3	9,26	7,05
CuO	faibles traces	traces
PhO^5	0,06	0,057
SO^3	0,10	0,11
CO^2	21,20	7,60
HO	3,72	
	100,14	100,297
Fe	37,64	49,00
Mn	2,21	2.78

Au mélange de ces deux minerais, qui sont presque partout chargés ensemble, on ajoute dans le lit de fusion une petite quantité, variable avec l'état des laitiers, d'un schiste argileux dont la composition est :

SiO^3	77,86
Al^2O^3	14,01
FeO	1,66
CaO	0,75
MgO	1,51
HO	2,15
Alcalis et pertes	2,06
	100,00

Les fontes obtenues ont des compositions variables suivant la quantité de fondant siliceux ajouté, mais surtout suivant la température de l'air. C'est ce qu'indiquent d'une façon bien nette les analyses suivantes :

	FONTES BLANCHES.				
	HIEFLAU.			EISENERZ.	
	1861	1874		1874	
		Fonte douce (weich).	Fonte dure (hart).	4 p. 100 de schistes (dans le lit de fusion.)	2 1/2 p. 100 de schistes (dans le lit de fusion.)
Température de l'air.		175 à 200°		450 à 500°.	
C.	3,30	2,95	3,43	3.237	3,009
Si.	0,10	0,093	0,110	0,342	0.265
Ph.	0,025	0,063	0,066	0,067	0,073
S.	0,014	0,036	0,016	0,013	0,011
Cu.	traces	traces	traces	traces	traces
Mn.	0,519	0,923	1,010	0,632	0,453
Fe.	96,042	95,935	95,368	95.709	96.189
Total.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ainsi, l'élévation de la température de l'air a triplé la quantité de silicium contenue dans la fonte.

D'après d'autres analyses, publiées par le bureau d'essai de Vienne, les fontes blanches produites par un fourneau de Styrie marchant ainsi à l'air surchauffé, ne contiendraient plus que 2,5 à 2,8 de carbone, mais, par contre, 0,9 à 1,00 de silicium, soit 10 fois plus que dans les anciens fourneaux. On comprend, d'après cela, les plaintes qu'ont dû susciter ces fontes, aussi siliceuses que des fontes au coke, et succédant à des fontes presque exclusivement carburées.

Les laitiers accompagnant ces fontes sont très-fusibles, propriété qui ne tient pas seulement au rapport de la silice et des bases, mais surtout à la présence simultanée de plusieurs bases (CaO, MgO, MnO, FeO et Al^2O^3), comme le montre cette analyse de laitiers d'Eisenerz :

SiO^3.	46,09
Al^2O^3.	5,32
FeO.	3,17
MnO.	8,21
CaO.	29,54
MgO.	6,30
Alcalis et pertes.	1,37
	100,00

De pareils laitiers sont très-corrosifs, et si l'on n'employait pas des moyens de réfrigération énergiques, on arriverait rapidement à détruire les parois du creuset ; pour éviter cet accident, on place des bâches à eau, on arrose extérieurement les briques, etc.

Mais ce qu'il faut surtout, c'est empêcher le feu de monter ; car si la chaleur devenait suffisante, dans la zone de réduction, pour fondre le minerai, on obtiendrait une matière qui, en peu d'heures, corroderait les parois et percerait le fourneau. C'est ce que nous avons vu se produire à Schwechat, où le feu étant monté par suite d'un vice de chargement et de la présence d'une zone poreuse de charbon le long des parois, des briques de 70 et 80 centimètres d'épaisseur, à mi-hauteur de cuve, ont été réduites à 2 et 3 centimètres, et le vent est sorti par une large brèche.

Des accidents de ce genre ne se présentent jamais quand le chargement est bien fait, ce qui est le cas de presque tous les fourneaux au charbon de bois ; ils sont à gueulard ouvert, et il est toujours facile de bien répartir le minerai sur la surface, en l'accumulant plutôt contre les parois.

1° *Vallée de Vordernberg.* — Les fourneaux échelonnés dans cette longue et haute vallée des Alpes nous présentent tous les types, toutes les phases du progrès (Pl. XI, *fig.* 25 à 34).

A côté d'un fourneau de 27 pieds de hauteur (8^m,85) et 11^{m^3},75 de capacité, marchant à l'air froid, nous trouvions l'an dernier, le fourneau de Trofayach avec 15^m,80 de hauteur et 58 mètres cubes de capacité, et le Radwerk n° 3, cubant 100 mètres.

La diversité des propriétaires, qui ne sont unis que par la commune jouissance du gisement de l'Erzberg, est la cause de ces inégalités, qui ne se retrouvent aussi marquées dans aucune autre vallée.

Karsten, en 1820, donnait 5^{m},70 de hauteur aux fourneaux de Vordernberg. Leur capacité intérieure n'était que de 7 mètres cubes. Aussi la consommation atteignait-elle 9 mètres cubes 1/2 de charbon de bois par tonne de fonte blanche.

L'emploi de l'air chaud, dans ces petits fourneaux, amène déjà une économie de 15 p. 100; 8 mètres cubes de charbon de bois suffisent, et pourtant la capacité intérieure par tonne de fonte produite par 24 heures n'est que de 1 mètre cube 1/2. Si le minerai n'avait pas été aussi facilement réductible, la consommation eût été bien plus forte encore.

Dès 1832, la hauteur de 7 mètres est atteinte à un fourneau, sans toutefois que la capacité intérieure ait beaucoup augmenté (8 mètres cubes). Le profil est devenu plus élancé; les résultats justifient cette modification dans les dimensions relatives. La diminution de l'inclinaison des parois, l'augmentation du diamètre du gueulard, quoique insuffisante encore, donnent de bons résultats. Aussi voyons-nous dès lors le type élancé se maintenir, s'accentuer même beaucoup, comme le montrent les coupes de la Pl. XI.

Les dimensions croissent bien lentement, car en 1845 nous trouvons des capacités d'au plus 12 et 13 mètres cubes, avec une consommation qui dépasse 8 mètres cubes à l'air froid (tableau n° 2, page 618).

C'est en poids (déchet compris) une consommation de 105 p. 100. Le grillage du minerai se fait partout dans des fours à cuve, avec charbon de bois; il faut compter sur 4 1/2 à 5 p. 100 de consommation par tonne de minerai grillé. De sorte qu'en réalité, en 1845, à Vordernberg, on employait 115 p. 100 de charbon de bois pour produire une tonne de fonte blanche à l'air froid.

La production totale de la vallée de Vordernberg, en 1846, atteignait à peine 17.000 tonnes, et la production moyenne par fourneau, 5 tonnes par 24 heures.

Seul, le haut fourneau de Fridau (Radwerk n° 7)

atteignait 28 pieds (8^m,85), tandis que plusieurs restaient encore à 6 mètres (18 pieds). Ce fourneau produisait de la fonte blanche avec 100 p. 100 de charbon de bois (grillage compris). Il donnait 6 1/2 à 7 tonnes par 24 heures ; il marchait encore à l'air froid ; le chauffage de l'air n'existait qu'à un seul fourneau de toute la vallée ; c'était pour lui, comme nous l'avons déjà dit, une économie de 15 p. 100.

Si la période de 1820 à 1845 a vu s'opérer si peu de progrès, si jusqu'ici la vallée reste très en arrière sur Eisenerz et sur la Carinthie, il n'en est pas de même pour la période de 1845 à 1855.

En 1855, un fourneau dépasse déjà 13 mètres de hauteur, et il n'en reste plus qu'un seul qui n'ait pas dépassé 7^m,20 de hauteur. La hauteur moyenne est de 8 mètres à 8^m,50 ; la production moyenne, de 8 tonnes.

Dans ces fourneaux, on consomme, grillage et déchet compris, de 84 à 85 p. 100 de charbon de bois en poids (soit 7$^{m^3}$,5 en volume).

Sur une production annuelle de 31.000 tonnes, le fourneau de Fridau livre déjà à lui seul 5.000 tonnes, soit un sixième du tout.

Plus de la moitié des fourneaux ont adopté l'air chaud.

Dans les fourneaux n° 3 et n° 7, qui fabriquent déjà par 24 heures de 18 à 20 tonnes, la consommation est réduite à 68 ou 72 p. 100 en poids pour la fusion, et 9 p. 100 pour le grillage. La consommation totale est donc de 77 à 80 p. 100.

C'est, sur la fabrication de 1845, une économie de 25 p. 100 au moins.

Cette économie est due :

1° A l'emploi d'air chauffé de 230 à 250°, au lieu d'air froid ou chauffé à peine à 100° ;

2° A l'augmentation de hauteur de la cuve, qui permet à la réduction de se faire dans des conditions bien meilleures ;

3° A l'amélioration du grillage qui élève le rendement du lit de fusion.

L'augmentation de la production, quoique très-forte, n'est cependant pas proportionnelle à l'augmentation de volume du fourneau ; de sorte que le rapport du volume intérieur à la production journalière monte à 1,9.

En réalité, l'augmentation de volume utile pour la période de réduction est plus grande encore, puisque le minerai est chargé, après grillage plus complet : c'est donc là une cause importante dans l'amélioration de la marche. La transformation de la soufflerie, l'emploi de vent sous pression plus forte, peuvent aussi avoir contribué à l'économie réalisée.

Une cause qui, sans agir d'une façon aussi continue, a cependant une influence considérable sur les résultats d'ensemble d'un fondage, c'est l'allongement de la durée de ce fondage par l'emploi, au creuset, de briques ou de grès assez dur pour ne pas être détruit rapidement.

Les courtes campagnes, il est déjà possible de les prolonger jusqu'à une durée de plusieurs années.

Jusqu'ici, il faut toujours brûler du combustible pour le grillage ; mais c'est en 1856 que furent établis les premiers fours Fillafer, à Fridau.

Si plusieurs fourneaux ont fait des progrès considérables, il n'en est pas de même de tous ; l'immobilité de quelques usines, l'apparente apathie de certains propriétaires n'est pas due toujours à ce qu'ils ignorent et méconnaissent les résultats obtenus ailleurs. La cause principale est due à la préférence marquée des feux d'affinerie pour les fontes à l'air froid produites dans les petits fourneaux.

C'est en 1828 que fut construit à Frantschach, en Carinthie, le premier four à puddler ; l'exemple donné par cette usine ne fut suivi d'abord que bien lentement ; — et en 1851, la quantité de fer fabriqué dans les feux d'affinerie était encore double de celle produite par les fours à puddler. Pendant un moment, on comptait, en Styrie seulement, tout près de 300 feux d'affinerie au charbon de bois.

A la même date (1851), il existait déjà 114 fours à puddler et 76 fours à réchauffer ; mais leur production était relativement très-faible, puisque un four ne traitait par semaine pas plus de 7 à 8 tonnes de fonte. Depuis lors, et surtout dans les dix dernières années, il s'est produit une révolution complète dans la fabrication. Les fours à puddler travaillent plus activement ; ils arrivent à traiter 5 à 6 tonnes de fonte par 24 heures et par four ; le nombre de fours s'est accru, tandis que celui des feux d'affinerie est tombé à 50 ou 60, et encore la méthode de travail s'est complétement modifiée. Beaucoup des feux existant encore sont plutôt utilisés à l'agglomération de riblons et au forgeage d'outils qu'à la fabrication de fers fins ; l'acier puddlé, et depuis peu l'acier Bessemer et Martin, ont supplanté cette ancienne fabrication.

L'extinction de tous ces feux d'affinerie a donné pour la fabrication de la fonte une quantité considérable de charbon de bois, et a permis, pendant la période 1850–1865, l'agrandissement des fourneaux, l'augmentation de la production, sans qu'il se produisît de disette trop complète.

L'élévation constante du prix, comme nous le verrons plus loin (page 612), montrait cependant que la consommation prenait un développement excessif.

Dans ces dernières années, la création des chemins de fer du sud de l'Autriche et leur prolongation jusqu'au haut de la vallée de Vordernberg, en permettant d'amener des provinces de l'Adriatique de grandes masses de charbon de bois, ont rendu possible l'extrême développement qui s'est produit dans la période de 1870-1873.

Si nous passons de 1855 à 1874-75, nous trouvons que l'ancien nombre traditionnel de treize fourneaux (Radwerk) n'existe plus ; quelques-uns se sont éteints, d'autres, négligeant complétement la force hydraulique et demandant aux gaz du gueulard la vapeur nécessaire pour actionner

leur soufflerie, peuvent atteindre une production de 30 à 35 tonnes par 24 heures.

Mais avant de parler des derniers perfectionnements, voyons d'abord ce qu'il reste du passé :

Deux petits fourneaux à l'air froid, de 8 à 9 mètres de hauteur, fonctionnaient encore au printemps 1875 ; nous avons vu éteindre l'un ; l'autre ne devait guère marcher que quelques mois encore.

Ils consommaient 6^{m3},25 à 6^{m3},50 de charbon de bois par tonne de fonte, soit en poids 75 à 80 p. 100. La production était de 8 à 9 tonnes par 24 heures. Le creuset était si petit qu'il ne fallait pas percer moins de sept fois par 24 heures.

Si les autres fourneaux marchent tous à l'air chaud, les conditions sont cependant encore très-diverses.

A la place des anciens appareils construits au gueulard et qui ne permettaient pas de dépasser 200° C., nous trouvons presque partout des appareils plus grands, mieux installés, avec lesquels la température de 300° est généralement dépassée. Ce sont, le plus souvent, des appareils à pistolets plus ou moins modifiés. Les tubes cloisonnés dans leur milieu, à section elliptique assez aplatie, se rencontrent le plus fréquemment.

Dans le courant de l'année 1873, l'usine de Fridau a marché dans des conditions assez exceptionnelles : pendant quelques semaines, on voulut essayer d'obtenir aux appareils la température la plus élevée possible. Dans ce but, on chauffa les chaudières complétement au lignite, et tous les gaz furent conduits sous les appareils.

La température de 700° fut, dit-on, maintenue d'une façon assez constante. L'économie de combustible ne fut que peu sensible; mais la qualité de la fonte fut notablement altérée par cet essai. Quant aux appareils, ils ne purent résister. Ils furent rapidement mis hors de service.

Depuis lors, on chercha à réaliser une certaine économie

de combustible par un autre essai : on a soufflé le fourneau sous une pression de 31 centimètres de mercure. L'économie obtenue fut réelle, supérieure même à celle réalisée par l'emploi du vent surchauffé; mais il faudrait savoir si la température locale, très-élevée, produite ainsi, n'est pas une cause d'altération pour la qualité de la fonte.

Au moment de notre dernière visite, le fourneau venait de subir un accident auquel la forte pression de l'air, jointe à la direction plongeante (4° à 5°) des tuyères, ne devait pas être étrangère.

En dessous de la sole, épaisse d'environ 90 centimètres et formée d'un pisé composé d'argile (20) et de magnésite (4), se trouvaient des conduits de réfrigération.

On s'apercevait depuis quelques jours que le courant d'air passant sous la sole était chaud, et, sans qu'on ait pu y porter remède, il se produisit brusquement une fissure par laquelle toute la fonte passa dans les conduits.

Cet accident, sans être fréquent, s'est cependant produit plusieurs fois dans d'autres usines, sans que pour cela on ait cru devoir arrêter la marche du fourneau.

M. l'ingénieur Fillafer, directeur de Fridau, n'a pas osé s'y risquer, et, éventrant le fourneau, il l'a vidé complétement en tirant les charges en bas.

Ces conduits souterrains, qui ont forcé si souvent d'arrêter un fourneau et qui ont été la cause de si graves accidents dans plusieurs cas, sont encore employés presque partout en Autriche, sans qu'on puisse citer d'avantage bien net en leur faveur.

A côté de ce fourneau de Fridau, s'en élève un autre (*fig.* 53, Pl. XII) de 19 mètres de hauteur et de 175 mètres cubes de capacité.

Il a été projeté et commencé au moment de la plus grande animation de l'industrie métallurgique, en 1872. On voulait produire, au charbon de bois, jusqu'à 50 tonnes de

fonte par 24 heures, et même plus. On devait employer surtout des charbons durs provenant du midi de l'Autriche; car toute la production en charbon de bois du pays est déjà absorbée complétement par les fourneaux anciens.

Pour compléter cette grandiose installation, on avait commencé de construire deux appareils Withwell.

Un seul appareil, pour chauffer l'air nécessaire à une pareille production, suppose une vitesse de circulation inusitée. Il ne pouvait donc être question d'obtenir une température d'air bien élevée, tandis qu'on pouvait être assuré d'une forte perte de pression. Cet appareil Withwell ne pouvait donc guère réaliser le but auquel il était destiné : la haute température du vent. Les défauts inhérents à son principe de circulation unique, tour à tour ascendante et descendante, devaient s'accentuer plus nettement que nulle part ailleurs où, pour une semblable production, on fait passer le vent au moins par deux appareils. Mais ici le manque de place empêchait complétement la construction de plus de deux tours.

L'une était prête, l'autre sortait de terre, le fourneau était achevé, quand éclata la crise financière du mois de mai 1873. Depuis cette époque, toute construction est arrêtée, et cet essai si intéressant et si nouveau d'un grand fourneau marchant au charbon de bois est remis à des temps meilleurs.

Peut-être ne verra-t-on jamais marcher les appareils Withwell, car il était question de raser ce qui existe pour les remplacer par des appareils en fonte. Étant données les conditions dans lesquelles ces appareils devraient fonctionner, leur suppression immédiate serait peut-être le plus sage.

Le fourneau lui-même présente certaines dispositions nouvelles. Il repose sur colonnes et est enfermé dans une volumineuse tour crénelée en grosse maçonnerie. Sa

partie inférieure est parfaitement dégagée, et tandis qu'autrefois on cherchait avec tant de soin à éviter la moindre perte de chaleur autour du creuset et de l'ouvrage, ici tout est disposé depuis la naissance des étalages en vue d'une réfrigération aussi active que possible.

Le creuset est entouré dans toute sa hauteur d'une bâche à eau qui forme enveloppe annulaire complète. L'eau comprise entre deux enveloppes de tôle formera une ceinture de 5 à 6 centimètres d'épaisseur.

La partie basse des étalages est formée de briques assez étroites (30 à 40 centimètres d'épaisseur); le tout est enveloppé extérieurement d'une chemise en tôle, des tuyaux sont disposés pour lancer sans cesse des jets d'eau sur toute la hauteur.

Cette enveloppe est formée de plaques mobiles qui peuvent être déplacées facilement, et sont toutes indépendantes l'une de l'autre.

Pour atteindre ce but, on a établi une série de fers à simple T le long des génératrices du cône renversé formé par les étalages; ce sont ces fers qui servent de point d'attache aux plaques de tôle; elles sont simplement boulonnées et les têtes des boulons sont en dehors.

A ce fourneau, se trouve jointe une très-belle batterie de fours de grillage Fillafer complétement achevés.

En résumé, l'usine de Fridau est une belle installation, trop grandiose peut-être pour traiter des minerais du genre de ceux d'Eisenerz, qui sont friables. Mais pour ce motif même sa mise en marche présenterait un grand intérêt, et il serait vivement à souhaiter que la triste phase par laquelle passe l'industrie autrichienne pût prendre fin avant que le découragement n'ait gagné ceux mêmes qui étaient entrés le plus hardiment dans la voie du progrès.

Plusieurs autres grands fourneaux sont en feu depuis deux ou trois ans ou sont encore en construction : tels sont Stadt-Léoben, d'une capacité de 45 mètres cubes; Franz-

Mayr (37 mètres cubes), et surtout le Radwerk n° 3, de 101 mètres cubes (*).

Mais le plus intéressant est le fourneau de Trofayach (58 mètres cubes). C'est une installation complétement neuve.

Fourneau extrêmement élancé, muni d'appareils à air chaud du système écossais modifié, très-bien installés. Il marche dans d'excellentes conditions.

Nous aurons, d'ailleurs, à reparler de ce fourneau à propos des tentatives faites dans ces derniers temps pour employer les lignites, comme combustible, à la place d'une partie de la charge de charbon de bois.

Ainsi la vallée de Vordernberg présente maintenant de belles installations de hauts fourneaux, très-complètes et conçues avec beaucoup de savoir; dans le fourneau même la consommation de combustible est très-faible. Mais malgré cela, la consommation nette de charbon de bois est encore assez forte; en effet, les forêts du voisinage suffisent de moins en moins, surtout à ces usines, qui ne possèdent pas elles-mêmes de bois; et, d'année en année, il faut aller plus loin, jusqu'en Croatie même et en Dalmatie, chercher des charbons qui, après avoir subi un long transport jusqu'à la gare, sont mis en sacs, puis dirigés par chemin de fer.

Toutes ces manutentions ne causent pas moins de

(*) Voici d'ailleurs quelques résultats plus complets relatifs à quelques fourneaux de Vordernberg :

FOURNEAU FRANZ MAYER.

Résultats complets d'un fondage du 15 juin 1871 au 15 mai 1875.

Minerai grillé.	28 645 tonnes.
Scories de four à réchauffer	575 —
Fonte produite.	13,664 —
Rendement.	47 p. 100
Charbon de bois.	75.650^{m3}
Consommation par tonne	5^{m3},38
Température.	350 degrés c.

RADWERK n° 3.

	1875. Janvier.	1875. Mars.
Minerai grillé. . .	1.374 t^{s}	1.438 ton^{s}
Charbon de bois dur. . .	371^{m3}	486^{m3}
Charbon de bois tendre.	3.330^{m3}	2.978^{m3}
Fonte.	728 ton^{s}	722 ton.
Rendement du minerai.	53 p. 100	50 1/2 p. 100
Consommation en charbon de bois.	5^{m3},08	4^{m3},70
Température. . . .	450° c.	450° c.

25 p. 100 de déchet par rapport au charbon mesuré en forêt. C'est là une cause importante d'augmentation dans les prix de revient de la fonte.

2° *Vallée d'Eisenerz.* — Les conditions dans lesquelles se sont trouvés les hauts fourneaux de la vallée d'Eisenerz sont tout autres.

Construits, administrés jusqu'en 1869, par le gouvernement impérial, ces fourneaux d'Eisenerz et de Hieflau sont alimentés par des forêts qui leur ont été spécialement affectées et qui, pour une fraction importante, sont devenues propriétés de la compagnie d'Innerberg. Environ 100.000 hectares de belles forêts en plein rapport lui ont été cédés.

Les fourneaux d'Eisenerz sont au nombre de trois; ils ont été élevés au commencement du siècle, à la place d'une série de petits fourneaux à loupes de fer. Il en existe le même nombre à Hieflau.

Tous ces fourneaux furent construits, à peu de chose près, avec les mêmes dimensions; et la même hauteur de $11^{m},37$, qu'ils reçurent à l'origine, a été conservée jusqu'à ces dernières années. Les dimensions horizontales, par contre, ont été modifiées plusieurs fois; diminuées et augmentées tour à tour (tableau n° 3, page 620).

Les fourneaux d'Eisenerz sont chacun séparés, échelonnés le long de la vallée, à quelques centaines de mètres de distance l'un de l'autre. Ils sont adossés à la montagne; le massif intérieur disparaît sous l'amoncellement des enveloppes, des toitures, des abris obscurs et étroits.

Ceux de Hieflau, élevés dans une partie plus large de la vallée, reconstruits d'ailleurs il y a une quarantaine d'années, sont groupés tous trois ensemble sous une même toiture et sont plus largement installés.

La construction, au gueulard, de fours de grillage au gaz Moser et d'appareils à air chaud Calder est encore venue,

à Eisenerz, diminuer le peu d'espace libre qui existait primitivement dans l'intérieur des bâtiments.

A Hieflau, où n'existent pas de fours de grillage, puisque tout le minerai arrive grillé d'Eisenerz, et où les appareils à air chaud sont au bas, l'installation est moins resserrée.

Les tableaux ci-joints (pages 618 et 620) donnent, en résumé, les résultats obtenus, tant à Eisenerz qu'à Hieflau, dans le courant des différentes phases qu'a traversées la fabrication.

A Eisenerz, nous voyons qu'avec l'air froid et les minerais crus, riches pourtant (37 à 39 p. 100), la consommation montait à près de 120 p. 100.

Quand, en 1872, on fit marcher pendant trois mois le fourneau Franz Joseph à l'air froid, quoique les minerais fussent grillés et que le fourneau fût de capacité plus grande, la consommation fut plus forte encore.

Il est vrai de dire que cette augmentation était due surtout au déchet, plus élevé maintenant qu'autrefois, sur les charbons de bois (*).

L'emploi de l'air chaud, introduit en 1845 pour la première fois, amena de suite une économie de 12 à 15 p. 100. Les résultats assez nombreux que nous avons pu réunir sur la marche de ces dernières années montrent bien l'influence de la température de l'air dans des fourneaux qui sont restés les mêmes, et sont alimentés avec des minerais qui ne varient guère non plus.

De 10 mètres cubes à l'air froid, la consommation descend au-dessous de 9 mètres cubes pour de l'air chauffé à

(*) Les chiffres que nous donnons indiquent presque toujours la consommation totale de charbon de bois (consommation réelle et déchets). Comme les déchets ont beaucoup augmenté (souvent plus que doublé) avec l'extension de la zone d'approvisionnement, il en résulte que les progrès réalisés, dans ces dernières années, sont notablement plus importants que ne sembleraient l'indiquer les chiffres de consommation.

100°; en portant la température vers 200°, la consommation diminue dans une proportion plus grande encore, puisqu'elle se réduit à 7 mètres cubes 1/2.

Si la température monte au delà, nous n'observons plus de résultats aussi nets. Au Franz Joseph, nous ne trouvons plus de réduction nouvelle quand la température monte à 300, 350 et même 500°, au lieu de rester à 200°. Dans les autres fourneaux, nous observons pourtant une économie encore assez notable; mais tandis que le passage de l'air froid à 100° donnait une réduction de 1 mètre cube dans la consommation, que le passage de 100 à 200° en donnait une nouvelle de 1^{m^3} 1/2, nous ne trouvons pas plus de 1/4 à 1/2 mètre cube d'économie entre 200 et 350°. Une nouvelle augmentation de 350 à 500° ne donne plus qu'une réduction presque insignifiante; et pourtant les minerais restent les mêmes, et la production n'est guère plus forte, si même elle l'est.

Ainsi, l'économie en combustible, réalisée en passant de 350 à 500°, est toujours très-faible. Par contre, la qualité de la fonte est altérée, et les frais d'entretien des appareils à air chaud sont fortement augmentés.

Aussi, est-on revenu partout à la température de 350°, qui semble la plus favorable; en atteignant cette température, on réalise une économie encore assez notable sans que la qualité des fontes en souffre.

Les résultats fournis par les fourneaux de Hieflau vérifient ceux d'Eisenerz. A première vue, ces fourneaux semblent marcher dans de meilleures conditions que les précédents; mais c'est un résultat plus apparent que réel. En effet, les fourneaux de Hieflau se trouvant à côté même des places de carbonisation, il ne se produit presque aucun déchet sur les charbons de bois. Il en est tout différemment à Eisenerz; les charbons de bois, s'ils viennent de Hieflau, ont subi une vingtaine de kilomètres de transport, et beaucoup viennent de bien plus loin par des chemins de mon-

tagne. Ce sont les déchets dus aux transports qui forcent les chiffres de consommation.

L'influence du chauffage de l'air à des températures successivement croissantes et celle de l'emploi du minerai grillé ont été également observées à Hieflau. De 8 mètres cubes 1/4, à l'air froid, les consommations ont été réduites à 5 mètres cubes 3/4 dans des fourneaux qui avaient conservé leur hauteur primitive.

L'état des appareils à air chaud n'a jamais permis d'atteindre, à Hieflau, de très-hautes températures de vent; mais l'élévation et l'agrandissement des fourneaux ont amené une nouvelle réduction, en dessous même de 5 mètres cubes 1/2 (tableau n° 2, page 618).

Avec les fourneaux de 30 à 35 mètres cubes, on avait voulu produire plus de 10 à 12 tonnes, chiffre qui correspond à une capacité de 2^{m3},8 à 3 mètres cubes par tonne de fonte fabriquée en 24 heures. La consommation a bien vite dépassé 5 mètres cubes 1/2; elle est même montée à 6 mètres cubes 1/4 et 6 mètres cubes 1/2, quand une production outrée, de près et même plus de 20 tonnes, ne permettait plus au minerai de stationner que 3 heures 3/4 à 4 heures dans le fourneau.

En augmentant le cube des fourneaux, tout en conservant les proportions relatives des différentes parties et en ramenant ainsi la capacité par tonne de fonte produite à plus de 2^{m3},50, on a réduit de nouveau les consommations à 5 mètres cubes 1/2 par tonne.

Ainsi, l'expérience de ces dernières années a prouvé de la façon la plus nette :

1° Qu'il est inutile au point de vue de l'économie, et nuisible au point de vue de la qualité de la fonte, de chauffer l'air au delà d'une certaine température;

2° Que demander à un fourneau une production telle que les matières subissent trop rapidement la série des trans-

formations qui amènent le minerai à l'état de fonte est également mauvais.

Une température de 300 à 350°; une capacité de fourneau qui permette aux matières minérales d'y séjourner de 7 à 8 heures, sont les conditions les plus favorables et les plus économiques pour ces fourneaux au charbon de bois traitant des minerais spathiques grillés et facilement réductibles.

Le grillage du minerai a une influence considérable sur la marche du fourneau; car charger des minerais crus, c'est introduire dans le fourneau toute une zone nouvelle dans laquelle s'opérera le grillage, c'est donc réduire d'autant le volume des autres zones. Pour équilibrer l'influence du minerai cru, et avoir encore un séjour de 7 à 8 heures dans les zones correspondantes à celles qu'on observe dans le cas du traitement du minerai grillé, il faut ralentir la descente, c'est-à dire, diminuer la production. C'est ce qu'ont montré d'une façon très-nette et très-saisissante les expériences de MM. Tunner et Kupelwieser, — faites à douze ans d'intervalle, — les premières dans le cas de minerais crus, les secondes dans le cas de minerais grillés.

PROFONDEUR dans le fourneau.	EXPÉRIENCES DE TUNNER. FRANZ JOSEPH. — Minerais crus.	EXPÉRIENCES DE TUNNER. SAINT-STEPHAN. — Minerais demi-crus et demi-grillés.	EXPÉRIENCES DE TUNNER. WRBNA. — Minerais grillés chargés froids.	EXPÉRIENCES DE KUPELWIESER. WRBNA. — Minerais grillés chargés chauds.
	Températures mesurées à diverses profondeurs.			
pieds.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
0	»	»	50	300
2	»	»	»	»
4	»	»	90	»
6	56	»	160	»
»	»	225	340	500
8	»	»	»	»
10	»	350	»	»
»	90	»	550	»
12	»	»	»	»
14	»	»	»	»
»	»	»	640	»
16	»	»	»	770
»	»	600	680	»
18	»	»	»	»
20	»	»	»	»
»	»	»	840	»
22	»	»	»	»
»	»	»	910	»
24	»	700	»	920
»	»	»	950	»
26	»	»	»	»

Ainsi, à 7 pieds de profondeur, un peu au-dessous du bas de la trémie de prise de gaz, la température n'est encore que de 60° environ dans le fourneau marchant avec minerais crus, tandis qu'elle est déjà de 340° dans le cas de minerais grillés chargés froids. Quand les minerais sont chargés chauds, tels qu'ils sortent d'un four de grillage placé près du gueulard, la température atteint 500° C. : à 11 pieds de profondeur, on trouve 550° au lieu de 90°.

Dans le fourneau Saint-Stephan, qui contient déjà moitié de minerai grillé, il faut atteindre 14 à 15 pieds de profondeur, c'est-à-dire plus du tiers de la hauteur totale, pour trouver la température de 500° qui existe au gueulard du fourneau Wrbna.

Il y a donc, même dans le Stephan, et à plus forte raison dans le Franz Joseph, plus d'un tiers du volume où *ne se*

produit guère que la préparation obtenue maintenant dans les fours de grillage.

Par conséquent, l'introduction seule du grillage du minerai doit permettre une augmentation de 1/3, au moins, dans la production, sans qu'on puisse craindre de marcher dans de plus mauvaises conditions qu'auparavant, par excès de vitesse des charges.

La vitesse de descente des charges, et surtout la vitesse relative de descente du minerai et du charbon, est une question qui a déjà préoccupé les anciens fondeurs.

L'un d'eux, le père du Hofrath P. Tunner, pour se rendre compte de l'avance que le minerai peut prendre sur le charbon, n'a pas craint de remplir complétement son fourneau de charbon de bois, puis de tirer dehors peu à peu toute la masse en continuant à charger comme si l'on était en marche normale. Il continua jusqu'à ce qu'il vît apparaître les premiers fragments de minerai. Ayant mesuré le charbon nécessaire pour remplir le fourneau, et celui qu'il en avait retiré avant l'apparition du minerai, il reconnut que l'avance prise par ce dernier était considérable et pouvait atteindre 18 et 20 charges, soit 1/3 de la capacité du fourneau.

Cette question a été reprise par le Hofrath Tunner, puis à nouveau encore par M. Kupelwieser. Ce dernier a reconnu que dans un fourneau de 13^m,25 de hauteur et 38 mètres cubes de capacité, le charbon de bois, par le seul fait de son tassement pendant le remplissage du fourneau, se réduisait à 89 p. 100 de son volume primitif.

L'avance prise par le minerai fut trouvée de 20 p. 100 du temps nécessaire au charbon pour parcourir le même chemin, de sorte que le minerai ne devait pas rester plus de 6 heures 1/2 à 7 heures dans le fourneau Wrbna, dans un moment où la production en 24 heures était de 19 tonnes 1/2. Dans ces conditions, la consommation brute (déchet non-compris) était de 6 mètres cubes de charbon.

Hauts fourneaux de Neuberg et Mariazell. — Nous avons déjà dit un mot des minerais que traitent ces fourneaux, qui sont bien loin de se trouver dans des conditions aussi favorables que ceux d'Eisenerz et de Vordernberg. Privées de toute voie ferrée, éloignées des mines elles-mêmes, qui sont très-dispersées, ces usines se trouvent dans une position difficile. Les minerais eux-mêmes ne valent pas ceux de l'Erzberg. La présence du soufre nécessite des lavages prolongés après grillage ; pourtant, à condition d'opérer avec soin, on arrive à produire, à Mariazell, d'excellentes fontes de moulage d'une ténacité remarquable. Ces fontes ont une certaine malléabilité et résistent au choc ; elles peuvent fléchir sans casser.

Ainsi, nous avons vu de grandes marmites très-minces qui ont été pliées en deux à coups de maillet.

Les pièces de canon qui pendant de longues années sont sorties dès fonderies de Mariazell ont toujours été réputées par leur ténacité ; et les tuyaux de conduites d'eau sont d'une épaisseur bien moindre que celle donnée par la plupart des autres usines.

L'analyse suivante du minerai de Gollrad montre la quantité considérable de soufre qu'il contient généralement.

FeS^2	4,72
Fe^2O^3	60,33
FeO	5,60
Mn^3O^4	3,00
MgO	12,17
CaO	2,50
SO^3	2,40
CO^2 et HO	9,08
	99,80

Les minerais grillés, et lavés pendant deux ans, ont la composition moyenne suivante :

	MINERAIS			
	de Göllrad.	d'Altenberg.		de Bohnkogel.
FeO	0,34	0,69	3,05	3,30
Fe^2O^3	66,85	63,84	71,96	71,23
Mn^3O^4	2,18	2,79	3,25	3,04
Al^2O^3	3,12	6,01	3,01	2,30
CaO	2,03	1,89	1,01	1,11
MgO	6,56	4,31	3,45	5,71
CuO	0,03	0,03	0,095	0,204
SiO^3	16,50	18,55	11,85	11,75
PhO^5	0,04	0,027	0,034	0,032
SO^3	0,65	0,29	0,259	0,585
HO et CO^2	1,75	2,19	2,65	1,40
	100,05	100,617	100,618	100,661

Les minerais sont tous siliceux. Il faut donc ajouter du calcaire au lit de fusion.

Dans le voisinage de Neuberg, existent plusieurs gisements de calcaire magnésien; la quantité notable de phosphore qu'ils contiennent les rend nuisibles. Il faut aller dans le bas de la vallée chercher des tufs calcaires exempts d'impuretés.

Des deux fourneaux de Neuberg, l'un, le plus petit (40 mètres cubes), marche généralement en fonte blanche, tandis que le grand (50 mètres cubes) produit de la fonte grise Bessemer, qui est coulée directement dans la poche pour être portée à la cornue (tableau n° 3, page 620).

Les anciens appareils dont est muni le petit fourneau ne permettent pas de dépasser la température de 270°, tandis que le grand marche avec du vent chauffé vers 500° ou 550°.

En fonte blanche, la production atteint 19 à 20 tonnes par vingt-quatre heures, ce qui réduit la capacité du fourneau, par tonne de fonte, à 2 mètres cubes, volume déjà un peu faible; aussi la consommation est-elle élevée (environ 80 p. 100 en poids).

On n'ajoute que le moins possible de calcaire pour diminuer la quantité de laitiers; aussi la fonte est-elle relativement siliceuse, comme le montre l'analyse.

FONTE BLANCHE DE NEUBERG.		LAITIER CORRESPONDANT.		
C. combiné	3,123	SiO^3	43,70	O = 23,31
Si.	0,616	Al^2O^3	10,40	O = 18,60
Ph.	0,036	MnO	5,10	
S.	0,045	FeO	0,13	
Mn.	1,82	CaO	23,54	
Cu.	0,155	MgO	13,17	
Fe.	94,300	Alcal.	2,22	
	100,095	CaS	1,24	
		Pho^5CaO	0,078	
			99,578	

Le laitier a donc une composition intermédiaire entre le proto et le sesquisilicate.

Le grand fourneau, malgré son volume, ne produit guère que 16 tonnes de fonte grise Bessemer par vingt-quatre heures, de sorte que, par tonne de fonte produite, la capacité intérieure est de 3 mètres cubes. La consommation est variable de 95 à 105 p. 100.

Comme il s'agit d'avoir une fonte aussi dépourvue de soufre que possible et très-siliceuse, on ne doit pas craindre d'arriver à une composition plus réfractaire pour le laitier, ce qu'on obtient en portant à 15 p. 100 la dose de calcaire ajouté au lit de fusion.

Dans ces conditions, les produits sont :

FONTE GRISE DE NEUBERG.		LAITIER CORRESPONDANT.		
C { graphite	3,18	SiO^3	40,95	O = 21,8
C { combiné	0,75	Al^2O^3	8,70	O = 20,5
Si.	1,96	FeO	0,60	
Ph.	0,04	MnO	2,18	
S.	0,018	CaO	30,35	
Mn.	3,46	MgO	16,32	
Cu.	0,085	KO	0,18	
Fe.	90,507	NaO	0,14	
	100,000	S.	0,34	
		Ph.	0,01	
			99,77	

Le laitier est donc très-voisin d'un protosilicate. Il est à cassure pierreuse, légèrement vitrifiée par-dessus. Coulé dans l'eau, il prend la forme de ponce légère qui flotte en dégageant vivement de l'hydrogène sulfuré.

Les mêmes minerais sont traités pour fonte grise de moulage dans les trois fourneaux de l'usine de Mariazell.

Le tableau n° 3 (page 620) montre les progrès successifs de cette fabrication, qui a commencé par consommer près de 200 p. 100 de combustible, pour n'en plus brûler que 90 p. 100 dans les fourneaux de 35 mètres cubes, avec une température d'air de 250°. On a essayé, pendant un temps, de marcher avec de l'air à la température de 500°, mais la qualité de la fonte est devenue si inférieure à la qualité normale, sans qu'il y ait eu d'économie bien notable dans les consommations, que l'on a dû revenir à la température plus modérée de 250°.

Les laitiers sont pierreux et, par leur composition, doivent être voisins des protosilicates. Nous avons vu fabriquer avec ces laitiers de très-beau coton minéral.

C'est le produit fin, léger, ressemblant complétement à du coton cardé, qu'on obtient en faisant arriver un jet de vapeur normalement à une petite nappe de laitier très-fluide. Cette matière est excellente pour envelopper les conduits de vapeur et empêcher la déperdition de la chaleur. Cette fabrication est très-simple, n'entraîne aucun frais, et doit bien réussir avec tous les laitiers un peu basiques et bien liquides.

Comme usine impériale et manufacture de canons, Mariazell a acquis une réputation universelle; malheureusement les canons de fonte ont été abandonnés : les canons d'acier les ont supplantés, et les beaux ateliers de tournage, d'alésage sont presque déserts.

L'éloignement de toute voie ferrée rend l'existence de cette usine de plus en plus précaire; elle a, en effet, un parcours de plus de 60 kilomètres par un pays de mon-

tagnes, pour transporter ses produits finis à la gare la plus voisine.

Une voiture traînée par deux chevaux ne peut pas mener plus de 750 kilogrammes; il lui faut deux jours pour aller et un jour et demi pour revenir à vide.

Les transports reviennent à 30 francs par tonne.

Les plus grands efforts ont été tentés depuis deux ou trois ans pour ranimer cette usine. La compagnie avait fait couler des canons d'acier Martin à Neuberg, les avait fait aléser à Mariazell, et avait cherché à obtenir du gouvernement d'abord d'adopter l'acier comme métal pour l'artillerie de campagne, puis de donner cette fabrication à l'industrie nationale et non à l'usine Krupp.

Les canons de Neuberg semblent avoir parfaitement résisté aux épreuves extrêmes auxquelles ils ont été soumis; mais, après de nombreux essais, le gouvernement paraît s'être arrêté au bronze phosphoré du général Uchatius; de sorte que les grands ateliers de Mariazell se trouvent presque sans ouvrage.

Carinthie.

Les minerais de l'Erzberg de Carinthie sont principalement siliceux, quoiqu'il existe plusieurs variétés très-riches où la teneur en silice est faible. En tous cas, les minerais calcaires sont très-rares, de sorte que le lit de fusion doit comporter toujours de 10 à 12 p. 100 de calcaire ajouté comme fondant.

Les analyses suivantes représentent la composition des espèces diverses de minerais; mais il faut remarquer que le premier minerai ou ses variétés, à des états différents d'altération, est de beaucoup le plus abondant.

Minerais de l'Erzberg de Carinthie.

	Fe^2O^3	FeO	Mn^2O^3	Al^2O^3	CaO	SiO^3	CO^2	SO^3	PhO^5	HO	Total.
nerai bleu micacé ordinaire (Gewöhnliches glimmererz blauerz)	64,28	1,6	3,21	0,41	3,50	14,85	2,82	—	—	9,10	99.77
nerai bleu micacé (glimmerarmes blauerz)	62,92	8,42	5,34	4,75	1,40	5,60	5,50	—	—	5,12	99,05
imatite avec manganèse (Glaskopf mit Wad)	75,88	4,8	4,91	0,21	0,35	0,20	1,37	—	—	11,27	98,99
ne douce bleuâtre (leichteserz-blaubraun)	80,00	0,90	5,70	0,32	1,50	0.20	1,47	0,10	—	10,35	100,54
ématite brune (gewöhnlwiche Glaskopf)	70,00	»	4,22	0,90	0,15	9,35	0,11	0,61	0,25	12,61	98,20
inerai spathique (spatheisenstein)	»	56,11	»	4,35	1,28	0,50	37,52	»	»	0,43	100,19
inerai grillé (analyse moyenne)	63,00	7,56	7,18	0,34	0,11	18,75	»	»	0,09	2,92	99,95

Les minerais les plus répandus sont plus siliceux, mais moins manganésifères que ceux de Styrie.

Les fontes produites avec ces minerais sont toujours plus siliceuses qu'avec les minerais de Styrie. Suivant les fourneaux et les besoins, on peut produire des fontes de natures très-diverses; les fontes grises sont plus faciles à produire qu'avec les minerais d'Eisenerz, qui sont essentiellement propres à donner des fontes blanches rayonnées.

L'analyse des différentes natures de fontes indique les compositions suivantes:

Fontes de Carinthie.

	CARBONE.								
	Graphite.	C. combiné.	Silic.	Mn.	Ca.	S.	Ph.	Ars.	Al.
Fonte noire en gueusets	3,032	0,624	1,82	3,856	»	0,26	0,037	»	»
Fonte noire en plaquettes	3,595	0,350	2,12	4,02	»	»	»	»	»
Fonte grise de 2e fusion	3,437	0,320	2,10	4,04	0,025	»	»	»	»
Fonte grise de 1re fusion	3,057	0,630	2,03	5,42	»	0,063	»	»	»
Fonte grise d'affinage	2,40	2,35	1,7	5,42	»	0,063	»	»	»
Fonte truitée	2,122	0,967	0,972	1,01	»	0,008	0,08	»	»
Idem	0,80	3.250	0,63	6,82	»	»	»	»	»
Fonte rayonnée	0,80	3,950	0,366	3,91	»	»	0,083	0,005	0,565
Spiegeleisen	0,37	3,85	0,32	3,12	»	0,053	»	»	»
Idem	0,21	3,17	0,37	7,30	»	0,11	»	»	»

Le tableau n° 1 ci-joint (page 616) donne les principaux résultats relatifs aux fourneaux de Carinthie aux époques successives.

A Mosinz, existait, en 1760, un fourneau de $4^m,75$ de hauteur, dont le volume n'atteignait pas 3 mètres cubes; aussi la consommation était-elle de 260 p. 100, en poids.

Le fourneau d'Eisentratten, quoique plus élevé, avait une capacité moindre encore; mais, par le fait même de cette hauteur de près de 6 mètres, il consommait un peu moins que Mosinz.

En 1808, les fourneaux variaient entre 7 et 9 mètres de hauteur; 5 et 8 mètres cubes de capacité. Partout les consommations atteignaient et dépassaient 90 et même 100 p. 100, non compris le charbon qui était brûlé à part pour griller le minerai.

Le fourneau de Treibach faisait seul exception. Haut de plus de 11 mètres, il avait une capacité de plus de 16 mètres cubes. Il ne consommait déjà plus, quoiqu'à l'air froid, que $6^m,50$ par tonne de fonte blanche, Sa production atteignait 8 à 9 tonnes par vingt-quatre heures, alors que les autres n'arrivaient pas à plus de 3 à 4 tonnes.

De tout temps, l'usine de Treibach a été une des premières à adopter les perfectionnements. Dès 1820, elle construisait une soufflerie avec cylindres en fonte, coulés à Mariazell.

Seuls peut-être de tous les fourneaux autrichiens, ceux-ci arrivent maintenant à ne brûler que 5 mètres cubes de charbon par tonne de fonte, ce qui n'équivaut guère qu'à 60 p. 100 en poids. Mais aussi les fourneaux ont plus de 15 mètres de hauteur et 53 mètres cubes de volume, et la production (20 à 21 tonnes par vingt-quatre heures) est assez faible pour que la capacité par tonne produite par vingt-quatre heures soit de $2^{m^3},65$.

Grâce à ces conditions, qui ne se rencontraient nulle part, dans ces derniers temps, en Styrie, où la production

était toujours forcée, Treibach marchait plus économiquement qu'aucune autre usine.

Maintenant qu'une étude comparative bien suivie a nettement montré que, dans cette marche plus lente, était l'une des causes principales de supériorité de Treibach, plusieurs directeurs de fourneaux styriens préfèrent restreindre leur production pour marcher plus économiquement, en attendant qu'à la prochaine mise hors ils puissent élever et agrandir leur fourneau. C'est, nous l'avons vu, ce qu'on vient de faire et ce qui a réussi à Hieflau.

Se contenter de diminuer la rapidité de descente des charges et d'augmenter le séjour des matières dans le fourneau est loin de suffire. Il faut encore que le fourneau ait une hauteur suffisante pour que la succession de réactions soit bien régulière. C'est ce que montre nettement la comparaison des fourneaux de Treibach avec ceux de Lölling.

Ces deux usines traitent les mêmes minerais; les fourneaux ont même volume.

Ceux de Lölling, qui n'ont que $12^{m},75$ de hauteur, ont une capacité de $3^{m^3},4$ par tonne de fonte produite;

Ceux de Treibach ont $15^{m},15$ de hauteur et une capacité de $2^{m^3},65$; et pourtant il y a une différence de $0^{m^3},40$, soit près de 10 p. 100 dans la consommation.

Une partie de la différence peut être attribuée à la différence de température de l'air; mais la plus grande partie doit être due au profil moins élancé, trop trapu des fourneaux de Lölling. La capacité, par tonne, étant plus grande dans ces derniers fourneaux, il semblerait devoir en résulter une économie; mais les trop grandes dimensions de la section horizontale amènent évidemment une descente irrégulière des matières et une répartition inégale des gaz. De là résulte la consommation qui doit paraître anormale comparativement à celle de Treibach (*).

(*) Résultats complets de la marche des fourneaux de Treibach

Les résultats fournis par le fourneau de Heft ne sont évidemment pas comparables à ceux fournis par les autres, à cause de la différence de nature des fontes. Ce ne sont presque que des fontes grises Bessemer. Eu égard à la quantité de chaleur notablement plus forte, nécessaire pour obtenir ces fontes, les résultats sont également des plus remarquables, puisque, comme moyenne de l'année 1874 tout entière, les fourneaux n'ont consommé que $5^{m^3},25$ à $5^{m^3},50$.

Il est vrai que, dans ce chiffre, sont compris environ 20 p. 100 de charbon dur, pesant 220 kilog. le mètre cube.

Enfin, voici les résultats complets relatifs à l'un des fourneaux de Heft, pour l'année 1874 :

---

dans les premiers mois de 1875 :

		Fourneau n° 2.	Fourneau n° 3.
		tonnes.	tonnes.
Minerai	brun (menu cru)	184,97	190,00
—	brun (gros grillé)	936,41	973,56
—	blanc (grillé)	180,00	152,25
	Total	1.301,38	1.315,81
Fer lavé		13,37	13,34
Calcaire		152,47	172,37
Fonte produite		610,59	636,61
Température de l'air		370 à 380° C.	
Charbon brûlé		$3.211^{m^3},95$	$3\,196^{m^3}$

Par *tonne de fonte*, on a donc :

Charbon de bois	....	$5^{m^3},25$	$5^{m^3},01$
	(poids approximatif)	630^{kg}	602^{kg}
Minerai	brun menu cru	302^{kg}	298^{kg}
	gros grillé	1.535	1.530
	blanc grillé	295	239
	Total	2.132	2.067
Calcaire		249	271

FOURNEAU JOHANN ERNST.

Minerai brun.	9.711^{t},150
Fer lavé.	178 ,000
Calcaire.	527 ,290
Charbon { dur.	5.915^{m3}
Charbon { tendre.	23.301^{m3}
Fonte (ajoutée au lit de fusion).	595^{tx} (*)
Fonte produite.	5.729^{tx}
Rendement du minerai seul.	52,79 p. 100
Consommation par tonne de fonte. . . .	5^{m3},10
Consommation par tonne de fonte provenant du minerai seulement, en ne comptant rien pour la fusion de la fonte ajoutée.	5^{m3},69
Température de l'air.	350° C.

Les résultats avaient été les années précédentes :

	RENDEMENT.	TEMPÉRATURE.	CONSOMMATION.
	p. 100.	degrés centig.	mèt. cub.
1867	50	210	8,6 (ancien fourneau).
1871	50,5	210	6,37
1872	50,76	210	6,10
1874	52,5	350	5,69

Avant de quitter les hauts fourneaux au charbon de bois, citons encore le fourneau de Waidisch que ses conditions toutes spéciales de travail font placer à part.

Construit au haut d'une étroite vallée qui débouche sur

(*) Les fourneaux de Heft ne produisent pas assez de fonte pour alimenter constamment les cornues Bessemer. Pendant quelques années, on employait un cubilot pour refondre les jets de coulée et la fonte provenant d'autres fourneaux. Mais, depuis 1874, on ajoute cette fonte au lit de fusion, à raison de 6, 8 ou 10 tonnes par vingt-quatre heures.

La consommation n'a pas varié sensiblement par l'adjonction de cette fonte, et l'allure du fourneau n'est pas dérangée. En 1875, on chargeait aussi dans le fourneau les bouts de rails d'acier, quand il y en avait trop pour les ajouter tous dans la cornue même.

la vallée de la Drave, loin de toute mine de fer, ce fourneau, depuis plus de quarante ans qu'il existe, n'a jamais traité que des mélanges de scories d'affinerie, de puddlage, de fours à réchauffer, de fours Siemens, etc.

Les dernières, en particulier, sont siliceuses à un tel degré qu'elles sont d'un traitement très-difficile. Pour arriver à en tirer parti, on moule des briquettes de scories broyées, délayées dans de la chaux éteinte (*) ; les boules, grossièrement faites et séchées, sont chargées en mélange avec les scories d'affinage.

Une charge, au moment où je visitais ce fourneau, se composait, pour marche en fonte grise de moulage, de :

55 kilog. de charbon de bois,

87^{k},5 . . .
- 15 kilog. de scories d'affinerie,
- 15 — de scories de réchauffage,
- 32^{k},5 de battitures de cylindre,
- 5 kilog. de fer lavé,
- 7^{k},5 de calcaire,
- 12^{k},5 de laitiers, riches en fer, du fourneau lui-même.

Dans ce cas, on consommait 125 p. 100. de combustible en poids.

Pour fonte blanche, le lit de fusion se composait de :

55 kilog. de charbon de bois.

111 kilog.
- 40 kilog. de scories d'affinerie.
- 10 — de scories de réchauffage.
- 35 — de battitures de cylindre.
- 2^{k},5 de fer lavé.
- 11 kilog. de calcaire.
- 12^{k},5 de laitiers ferrugineux.

La consommation était de 100 à 105 p. 100 dans ce cas.

(*) Ce mélange se compose en poids de :

25 p. 100 de chaux,
56 — de scories broyées.
19 — de battitures.

On y ajoute 8 p. 100 de poussier de charbon.

Les fontes obtenues dans ce fourneau sont affinées au charbon de bois, et l'on en fabrique des fils de fer ; le fer est de qualité suffisante pour qu'on puisse descendre jusqu'aux fils à carde.

Nécessité d'introduire la fabrication de la fonte avec combustible minéral. — Nous venons de passer, bien rapidement, en revue les principaux hauts fourneaux de la région des Alpes, en Styrie et Carinthie. Nous avons vu les immenses progrès qu'ils ont faits depuis le commencement du siècle, progrès qui ont réduit les consommations par tonne de fonte de 200 à 65 et même 60 p. 100. C'est une économie de 70 p. 100 par rapport à l'ancienne fabrication ; de sorte qu'avec la même quantité de charbon qui donnait autrefois 1000 kilog. de fonte, on en peut fabriquer maintenant 3000 et même 3300 kilog.

Mais la production s'est développée sur une échelle bien plus grande. Tous les bois qui ont pu être mis en exploitation l'ont été, avec moins de prévoyance même pour l'avenir qu'on n'eût dû en montrer ; les charbons que brûlaient les feux d'affinerie ont été employés pour les fourneaux, et le puddlage a pris presque complétement la place de l'affinage.

La pénurie de charbon a continué à augmenter ; les chemins de fer en ont amené de toutes les forêts des provinces voisines ; malgré ce supplément considérable, le charbon manquait encore, car les quantités de fontes fabriquées ne répondaient pas aux besoins croissants de l'industrie métallurgique, qui se voyait obligée d'aller chercher des fers, des fontes en Allemagne, en Angleterre, en Belgique (*).

Telle était la position vers 1871 et 1872.

(*) En 1871, par exemple, où la production de la fonte pour l'Autriche-Hongrie atteignait 400.000 tonnes, l'introduction en fonte, fers et aciers (le tout ramené à l'état de fonte par le calcul) était supérieure à la production totale, car elle atteignait 412.000 tonnes.

Il fallait absolument arriver à augmenter la production ; les charbons de bois manquant, il fallait les remplacer par d'autres combustibles.

Les houilles à coke sont rares en Autriche; elles n'existent pas en Styrie, très-peu en Carinthie, nous l'avons vu. Mais avec les prix élevés auxquels atteignaient les fontes, avec l'immense développement que prenaient toutes les branches de l'industrie, il était possible de moins regarder aux prix du combustible.

On construisit donc des hauts fourneaux pour marcher au coke, les uns près de Vienne, au centre même du marché des fontes, et à mi-chemin entre la Styrie et la Silésie d'où devait venir le combustible; les autres, à côté d'anciennes usines qui utiliseraient ces fontes et les dénatureraient de suite, à faible distance des mines de fer et sur des lignes ferrées qui devaient amener des cokes de Fünfkirchen ou des cokes anglais introduits par Trieste.

Placer les fourneaux de façon qu'ils ne puissent employer que des combustibles étrangers ou grevés de frais considérables de transport, c'était se condamner à produire à prix élevé des fontes inférieures, comme qualité, aux fontes au bois. Ne fallait-il pas essayer d'employer les combustibles plus jeunes, lignites, tourbes, que l'on possédait en masses considérables? Les hommes prévoyants et désireux d'assurer un développement de plus en plus considérable à l'industrie de leur pays s'étaient posé, depuis de longues années, cette question. Quelques essais avaient été tentés autrefois, ils avaient été abandonnés; et sans rechercher les causes de ces arrêts, pressées de produire à quelque prix que ce fût, les usines préférèrent employer des cokes, même d'une impureté extrême (25 p. 100 de cendres, 4 p. 100 de soufre), qu'elles payaient cher, plutôt que de risquer de faire quelques essais.

Mais la crise financière de 1873 s'est produite; ses effets s'accentuent de plus en plus; les prix des fontes sont tombés

et baissent toujours; employer des cokes dont le prix est rendu si élevé par les frais de transport n'est presque plus possible ; aussi, nécessité aidant, a été remise en avant la question de l'emploi des lignites dans les hauts fourneaux.

Ces nouveaux essais ne datent pas de loin ; ce n'est guère que vers la fin de 1874 et dans le courant de 1875 qu'ils ont été entrepris; et pourtant ils ont donné déjà quelques résultats importants qui justifient les prévisions de ceux qui croyaient à la possibilité de l'emploi de ces combustibles pour la fabrication de la fonte.

Tel est en peu de mots le chemin qu'a parcouru la question de la fabrication des fontes avec combustibles minéraux. Telles sont les causes, tout extérieures, étrangères à la métallurgie proprement dite, qui ont fait adopter partout le coke, au premier moment, et qui ont fait depuis essayer l'emploi de combustibles non carbonisables.

La comparaison de la production de l'année 1871 *avec les années* 61 *et* 51 montre à grands traits le développement; et les résultats de cette dernière année donnent probablement le chiffre maximum auquel pourra jamais parvenir la production de fonte au bois dans les fourneaux autrichiens.

Pendant les années 1872 et 73 la fabrication a été plus forte encore, il est vrai (*); mais, en 1873 au moins, la plus grande partie de l'augmentation est déjà due à la mise en feu de hauts fourneaux au coke, et il faudrait le renouvellement de prix aussi exceptionnels qu'en 1872 pour pouvoir de nouveau provoquer une telle production de fonte au charbon de bois.

Voici ce *tableau comparatif :*

(*) En 1873, la production totale de ces mêmes régions a été de 237,400 tonnes. C'est la plus forte production qui ait jamais été atteinte; car en 1874, la production avait baissé déjà de près de 20.000 tonnes.

Hauts fourneaux au coke.

Le *premier haut fourneau au coke* fut mis en feu à ***Prävali*** (*Carinthie*) le 18 mars 1870. Il avait 17^{m},30 de hauteur et 185 mètres cubes de capacité intérieure.

Nous avons déjà dit quelques mots des principaux appareils de chargement, de chauffage de l'air, etc.

Ils avaient tous été étudiés avec grand soin et construits dans des ateliers habitués aux nécessités des fourneaux au coke. Aussi n'y eut-il sous ce rapport-là aucune difficulté; mais c'est pour l'approvisionnement en coke que des difficultés réelles se produisirent.

Il fallut aller le chercher à Ostrau, en Moravie, à la frontière prussienne; on marcha même pendant quelque temps avec des cokes anglais introduits par Trieste.

Ces deux variétés de cokes étaient nécessaires pour mélanger avec celui de Fünfkirchen (Hongrie), que l'on avait compté employer seul, mais qui était de qualité par trop mauvaise pour cela.

Le fourneau est sur le chemin de fer; il peut être desservi d'une façon économique; mais que peuvent les meilleures dispositions intérieures d'une usine contre une situation où les frais de transport seuls des matières brutes (minerais et cokes) grèvent la tonne de fonte d'une somme de plus de 50 francs, alors que la fonte ne peut pas se vendre à plus de 130 francs la tonne.

Aussi l'emploi du lignite s'est imposé à Prävali comme une nécessité. Nous reparlerons de ces essais.

Avec les cokes si impurs qu'on dut brûler en 1871 et 1873, et qui ont tenu jusqu'à 4 p. 100 de S, et 25 p. 100 de cendres, il fallait produire de la fonte Bessemer.

Avec un dosage très-calcaire, grâce à la présence du manganèse dans le minerai, on arriva à produire de très-bonnes fontes, mais au prix d'une consommation qui atteignait 150 et 155 p. 100 de coke.

Quand, par moments, on employa des cokes anglais seuls, on put réduire cette consommation à 115 p. 100.

Même dans ces conditions, il fut impossible de continuer à s'approvisionner en Angleterre; en effet, au printemps 1873, la tonne de coke anglais revenait à 65 francs, en gare de l'usine.

Ce fourneau a continué à marcher au coke jusqu'à la fin de 1874; et, après quelques mois d'essais pour déterminer les proportions de lignites qui pourraient être employées, il a été mis hors, en janvier 1875, quoiqu'il fût encore en parfait état. Les nécessités financières l'exigeaient. Dans l'ancienne cuve, laissée intacte et conservée pour des jours meilleurs, a été construite une seconde cuve beaucoup plus petite ($15^m,25$ de hauteur et 65 mètres cubes de capacité). Ce nouveau fourneau marche au charbon de bois, pour utiliser les immenses approvisionnements qu'avait réunis la Société, en prévision d'un développement constant des besoins, développement arrêté trop brusquement, malheureusement.

Au printemps de 1873, l'*usine de Schwechat*, près de Vienne, fut à son tour prête à marcher. A quelques mois d'intervalle, les deux fourneaux, de 19 mètres de hauteur et 285 mètres cubes de capacité, furent allumés.

A eux deux, ils produisaient 90 à 100 tonnes de fonte par 24 heures.

Au bout de neuf mois, toutes les cours de l'usine étaient encombrées de fontes et il fallait mettre hors l'un des fourneaux.

L'autre a continué à marcher presque toujours en fonte grise Bessemer; mais il a fallu également l'éteindre dans le courant du printemps 1876.

La compagnie d'Innerberg, à qui appartient cette usine, possède également à Oslawan, près d'Ostrau, en Moravie, une concession houillère importante. Elle l'a mise en pleine

exploitation; et 200 fours à coke ont été construits pour alimenter les fourneaux de Schwechat.

Mais dès qu'on voulut employer ce coke dans les fourneaux on eut des embarras; les charges ne descendaient plus, la production diminuait. En effet, ce coke est extrêmement compacte, dense; il se consume très-difficilement, et ce n'est qu'avec un vent sous une pression exceptionnelle qu'on arrive à le brûler. Cette combustibilité si difficile semble causée, en grande partie, par la présence d'une proportion considérable de cendres, existant sous forme, non pas de fragments de schistes mélangés au charbon, mais d'une masse argileuse intimement unie au carbone et répandue dans toute la masse.

Il semble qu'aucun lavage ne peut diminuer cette proportion de cendres.

Pour utiliser ce combustible, un seul moyen a réussi : augmenter la pression du vent jusque et au delà de 20 centimètres de mercure. Mais la machine soufflante, quoique volumineuse et massive, n'était pas de force à produire régulièrement cette pression; il a donc fallu éteindre les fours à coke, arrêter l'exploitation de la mine, et acheter à Ostrau des cokes. C'est avec eux que marchent depuis lors les fourneaux.

Un autre inconvénient non moins grave du coke d'Oslawan, c'est d'être fortement sulfureux et phosphoreux.

Les cokes actuellement employés ont la composition suivante :

	CENDRES.	PHOSPHORE.	SOUFRE.	
Coke de Waldenburg.	11,02	0,014	1,09	p. 100.
Coke d'Ostrau.	11,30	0,063	0,73	»
	9,14	0,047	0,92	»
Coke de Karwin. . . .	8,70	0,016	0,95	»

Les cendres du coke d'Ostrau contiennent :

SiO^3	18,73
Fe^2O^3	48,59
Al^2O^3	12,58
CaO	10,22
MgO	3,85
SO^3	4,41
Alcalis	1,62
	100,00

Les minerais, qui arrivent grillés d'Eisenerz, ont la même composition que ceux traités dans les fourneaux au charbon de bois de la vallée.

Comme castine, on ajoute un calcaire provenant des environs de Gloggnitz, dont l'analyse, sur 100 parties séchées à 100°, donne :

CaO	53,648
MgO	1,310
FeO	0,245
MnO	traces
Al^2O^3	0,834
SiO^3	1,050
PhO^5	0,016 Ph = 0,007
CO^2	42,950
	100,053

Les produits obtenus ont la composition suivante :

	FONTES BLANCHES (avec coke d'Oslawan).		FONTE GRISE BESSEMER.
C combiné	2,830	3,250	0,420
C graphite	»	»	3,520
Si	0,520	0,960	1.789
Ph	0,184	0,180	0,136
S	0,085	0,086	0,023
Mn	2,670	3,150	4,446
Cu et Ni	traces	traces	0,003
Fe	93.711	92,374	89,663
	100,000	100,000	100,000

Le laitier, correspondant à cette fonte grise, est composé de :

SiO^2	33,25	O = 17,73
Al^2O^3	12,17	O = 5,67
FeO	0,95	
MnO	4,91	
CaO	31,26	
MgO	12,94	O = 15,70
KO	1,22	
NaO	0,34	
CaS	1,98	
PhO^5, 3CaO	0,11	
	99,13	

C'est un silicate plus basique même qu'un protosilicate.

La grande difficulté, avec ces minerais spathiques, est de produire une fonte contenant 2 p. 100 de silicium, et c'est pourtant là une clause des marchés de fonte pour Bessemer.

Habitués à employer des fontes anglaises peu manganésées, mais contenant généralement 3 p. 100 de silicium, les ingénieurs des usines à Bessemer se montrent très-exigeants sur la teneur de 2 p. 100 pour les fontes au coke autrichiennes. Avec minerais de Carinthie, par contre, on arrive très-facilement à 2 1/2 et 2,75 p. 100 de silicium ; c'est que la silice est intimement mélangée au minerai et non pas simplement ajoutée au lit de fusion.

La charge du fourneau est de :

2.000 kilog, de coke.
2.600 à 2.800 kilog. de minerai.
300 à 350 kilog. de calcaire.

La température de l'air est de 350° C.

Pour janvier 1875, par exemple, le rendement du minerai étant de 50 p. 100, celui du lit de fusion n'était que de 44,2 p. 100. La dépense en combustible, déchet compris, s'élevait à 149,8 p. 100 en coke d'Ostrau (à 11 p. 100 de

cendres) pour la fabrication de fonte grise Bessemer. La production était de 47 tonnes par 24 heures.

C'est déjà un progrès, puisqu'en 1873, on avait consommé jusqu'à 165 p. 100, avec cokes plus cendreux, il est vrai.

Cette consommation excessive est due, en partie au moins, comme nous l'avons déjà dit en étudiant les appareils de chargement, à une distribution vicieuse du minerai qui descend en colonnes, très-incomplétement mélangé au combustible.

Nous pouvons de suite nous rendre compte de la valeur de la position de Schwechat au point de vue financier.

Le minerai grillé revient à Eisenerz, rendu sur wagon, à 7f,50 environ la tonne; il est vendu à raison de 8f,50 la tonne. Les frais de transport sont de 12f,70. Le minerai rendu à l'usine coûtait donc 21f,20 la tonne.

Le coke, dans le courant de 1875, valait à Ostrau environ 23 à 24 francs la tonne. Les frais de transport sont de 13 francs. De sorte que le coke devait revenir à l'usine entre 36 à 37 francs les 1.000 kilog.

Ainsi, le prix des matières premières seules, minerais, coke et castine doit dépasser 100 francs, par tonne de fonte produite.

Si l'on y ajoute les frais de main-d'œuvre et les frais généraux pour une usine qui a coûté plus de 5 millions de francs, on arrive bien vite, en ne comptant aucun amortissement et un intérêt de 5 p. 100 seulement, à un prix de revient de 135 francs par tonne.

En décembre 1875, ces fontes se vendaient 145 à 150 fr. les 100 kilog.

Il y aurait donc encore possibilité de réaliser un certain bénéfice pour ces fourneaux s'ils n'étaient pas grevés de frais généraux trop considérables.

Au printemps 1874, a été mis en feu le *quatrième fourneau* au coke de la région des Alpes, celui de *Zelltweg*.

Dans cette usine encore, c'est un groupe de deux grands fourneaux, de $17^m,70$ de hauteur et 215 mètres cubes de capacité, qui avait été projeté. Un seul fourneau est en feu.

Construit sur colonnes en fonte, avec chemise ronde en briques rouges, ce fourneau présente dans ses détails d'organisation beaucoup de ressemblance avec ceux de Schwechat.

Mais tandis que les projets d'usine Bessemer sont d'une réalisation encore bien lointaine dans la compagnie d'Innerberg, ils sont réalisés à Zelltweg. La fonte coule directement dans la poche qui la porte au convertisseur.

Pour produire de la fonte convenable, on aurait employé le coke d'Ostrau, si son prix l'avait rendu abordable. Mais ici, il revient à 49 ou 50 francs la tonne.

Quoiqu'il ne contienne que 9 p. 100 de cendres contre 19 p. 100 que contient celui de Fünfkirchen, il a fallu employer ce dernier; seulement, dans ce cas, il faut compter sur au moins 2 p. 100 de soufre par tonne de combustible.

Ce fourneau a produit régulièrement, en 1874, de 35 à 40 tonnes par 24 heures.

Avec de l'air chauffé à 400° C. et un minerai rendant 48 p. 100, la charge moyenne a été de :

1.500 kilog. de coke.
2.000 à 2.200 kilog. de minerai.
300 kilog. de calcaire.

De sorte que la consommation en coke (à 19 ou 20 p. 100 de cendres) a été de 150 p. 100, déchet non compris.

C'est donc encore une fonte d'un prix élevé qu'on obtient ici.

D'autres grands hauts fourneaux ont encore été construits, mais ils n'ont pas été prêts avant la crise, et depuis lors leur construction a été, sinon arrêtée complétement, du moins fortement ralentie. Ce sont Niklasdorf et Fridau, tous deux dans la vallée de Vordernberg.

Malgré sa hauteur (19 mètres) et son volume (175 mètres cubes), Fridau était toujours destiné à marcher au charbon de bois. Il devait consommer exclusivement des charbons durs venus de Hongrie ou de Dalmatie. Espérons que cette tentative hardie pourra se réaliser : car il sera intéressant de voir ce que donnera un pareil fourneau, avec un combustible friable et des minerais aussi menus que ceux de l'Erzberg.

L'usine de Niklasdorf, entreprise par la Communität (association) des propriétaires de Vordernberg, a été construite sans qu'on ait décidé quel combustible pourrait être employé. On parlait, en dernier lieu, de mélanges où entrerait, pour une forte part, de la tourbe moulée, bien desséchée.

Ainsi des six grands fourneaux (de 175 à 300 mètres cubes) construits dans cette partie de l'Autriche, deux seulement étaient en feu au commencement de l'année et luttaient contre de graves difficultés financières, tenant principalement aux sommes considérables que forment les frais de transport, soit qu'ils grèvent à peu près également coke et minerai comme à Schwechat, soit qu'ils chargent plus spécialement le combustible, comme à Zelltweg et Prävali.

Essais des lignites dans les hauts fourneaux. — Schwechat n'a aucune matière première à proximité ; les lignites eux-mêmes lui arriveraient grevés de 11 à 13 francs de frais de transport par tonne : essayer de les employer n'est donc pas possible pour elle ; cette usine doit se résigner à ne compter que sur le coke. La seule économie réalisable, sur le transport de combustible, sera l'emploi de coke le moins cendreux possible.

Il en est tout autrement à Prävali et Zelltweg. Ces deux usines ne sont qu'à quelques kilomètres, l'une des riches gisements de Liescha, l'autre de ceux de Fohnsdorf.

Ces lignites sont le seul combustible employé dans les

fours à réverbère de ces forges. Il était donc tout naturel de les essayer au fourneau.

Le fourneau au charbon de bois de Trofayach n'est qu'à quelques kilomètres de Leoben. Il est élevé, il est muni d'une bonne machine soufflante. Le dernier construit de la vallée de Vordernberg, il a plus de peine que les anciens à se procurer la quantité nécessaire de charbon ; il a donc aussi été naturellement conduit à essayer l'emploi des lignites.

Mais avant de parler des essais actuels, jetons un rapide coup d'œil sur les tentatives anciennes en vue d'employer le combustible minéral non carbonisable.

Vers le commencement du siècle, dit M. Tunner, dans une note parue dans le *Jahrbuch* de Leoben, l'emploi de lignites et autres combustibles minéraux crus semble avoir préoccupé les inventeurs. En effet, en 1806, une autorisation était accordée pour établir un fourneau qui devait employer ce genre de combustible. Cet essai n'eut pas de suite, mais il fut repris plusieurs fois dans le courant des cinquante dernières années.

Les résultats, dans les petits hauts fourneaux bas, qui existaient vers 1830 ou 1840, furent généralement médiocres, et l'emploi des combustibles crus fut condamné.

On se rejeta sur l'emploi des lignites carbonisés, et l'on essaya diverses méthodes de carbonisation pour arriver à obtenir une rendue de plus de 20 à 25 p. 100.

Malheureusement, ces recherches n'ont pu conduire à aucun résultat ; quelque méthode qu'on emploie, les lignites de Köflach, Seegraben (Leoben), Fohnsdorf, etc., perdent toujours 80 ou au moins 70 p. 100 de leur poids.

Réduit à 1/5 du poids primitif, ce coke de lignite revient nécessairement à un prix élevé, et l'économie que l'on a en vue est bien loin d'être réalisée.

Il fallut revenir à l'emploi de combustible chargé cru dans le fourneau.

L'ancien directeur de Mariazell, Wagner, fit quelques essais dans un cubilot et conclut à la possibilité économique de cet emploi. Mais il ne put pas réaliser en grand cette tentative.

Aucun succès n'était venu encore confirmer cette opinion quand, en 1869, M. Tunner, dans une brochure sur l'avenir de la métallurgie, posait en fait qu'avec les fourneaux actuels au coke, il devait être possible de substituer des lignites, comme ceux de Leoben, à la place du quart ou du tiers de la charge.

La grande difficulté qui s'oppose à cet emploi tient à ce que l'on se trouve en face de deux conditions contradictoires. L'introduction d'un combustible cru, riche en matières volatiles, amène abaissement de température dans la zone supérieure du fourneau ; les réactions sont donc modifiées, les matières arrivent moins bien préparées dans les régions moyennes et inférieures du fourneau. Pour combattre cet effet, il serait tout naturel d'élever le fourneau.

Mais, malheureusement, les lignites deviennent essentiellement friables à la chaleur ; ils se réduisent en menu, ce qui cause une contre-pression dans le fourneau. Pour l'atténuer, il faudrait au contraire abaisser le fourneau.

Ainsi, *pour qu'un fourneau puisse employer des combustibles crus*, il faut évidemment :

1° Qu'il soit élevé, pour que la préparation des matières se produise régulièrement dans de bonnes conditions ;

2° Qu'il soit à profil très-élancé pour que la quantité de menu qui se forme amène moins facilement formation de cheminées par où circulent les gaz, entre des colonnes de matières qui resteraient intactes ;

3° Qu'il soit muni d'une forte machine soufflante, car la quantité considérable de gaz qui prendront naissance dans le fourneau, amèneront formation d'une contre-pression qu'il faut vaincre en augmentant la pression aux tuyères.

4° Toutes choses égales d'ailleurs, on devra accepter une

réduction notable dans la production journalière d'un fourneau, par le seul fait de l'emploi de combustible cru.

Vouloir maintenir aussi rapide la vitesse de descente, ce serait amener dans la zone de fusion des matières incomplétement préparées, ou préparées trop brusquement, c'est-à-dire dans de mauvaises conditions.

C'était là ce qui s'était produit dans les premiers essais, il y a trente et quarante ans. Aucune des conditions de réussite n'était remplie; l'échec ne tenait pas au combustible, mais au fourneau et à sa soufflerie.

L'emploi des lignites pourrait être nuisible à la qualité de la fonte : en effet, les lignites sont toujours sulfureux; et ce soufre ne viendra-t-il pas altérer la fonte? Cette objection est au moins bien exagérée : en effet, nous voyons que les fourneaux de Prävali et de Schwechat ont employé des cokes contenant jusqu'à 4 p. 100 de soufre, et pourtant il n'en a été trouvé que quelques millièmes dans la fonte.

En présence d'un laitier basique et d'un minerai manganésifère, le soufre, surtout quand il est contenu dans le combustible, passe très-peu dans la fonte. Introduit avec le minerai, le soufre resterait en beaucoup plus forte proportion.

Ce résultat semble évident par analogie avec ce qui se passe pour le coke. Nous verrons que cela s'est réalisé pour le lignite.

Si la grande quantité de gaz produits dans la partie haute du fourneau présente quelques inconvénients, il ne faut pourtant pas négliger complétement de noter les avantages qui en résultent. On a à sa disposition une source beaucoup plus abondante de chaleur, qu'on utilisera pour le grillage des minerais, le chauffage de l'air, la production de la vapeur et même pour des opérations différentes.

Les *essais pour l'emploi des lignites* n'ont duré, à Prävali, que deux mois; mais l'allure a été d'une constance si parfaite, la qualité de la fonte s'est maintenue toujours

si semblable à elle-même, qu'il ne peut y avoir de doute sur les résultats que donnerait une marche continue et permanente avec ce mélange.

Les lignites employés viennent de Liescha; ils sont d'une qualité médiocre, très-riches en eau et autres matières volatiles; ils sont bien inférieurs aux lignites de Leoben.

La marche normale a été avec 33 p. 100 de lignites contre 66 p. 100 de coke de Fünfkirchen très-cendreux.

La fonte obtenue était de la fonte très-grise pour Bessemer. L'aspect, la ténacité étaient les mêmes pour la fonte au coke ou au lignite.

A l'affinage dans la cornue Bessemer, les résultats ont été les mêmes.

L'analyse comparative des deux fontes donne d'ailleurs des résultats presque identiques.

FONTES BESSEMER DE PRÄVALI PRODUITES

	avec coke seul.	avec { 66,6 p. 100 de coke de Fünfkirchen. 33,3 p. 100 de lignite cru de Liescha. 37 p. 100 de castine.
C combiné	0,430	0,450
C graphite	2,775	3,860
Si	2,765	2,231
Mn	3,020	5,098
S	0,118	0,082
Ph	0,042	0,012
Cu	0,060	0,016
Fe	90,790	88,251
	100,000	100,000

Ainsi, il est prouvé que, dans un grand fourneau, avec une bonne soufflerie, en laitiers basiques, on peut sans inconvénient marcher avec un tiers de combustible cru. Rien ne prouve qu'on ait été à la limite. La régularité de la marche doit, au contraire, faire espérer qu'il serait possible de forcer encore la proportion de lignite. Il ne semble cependant pas possible qu'on puisse dépasser la proportion

de 70 à 75 p. 100 de lignite cru, à cause de la friabilité et de la masse de gaz produits.

Ces essais, et les essais comparatifs faits auparavant entre les cokes de Fünfkirchen et d'Ostrau, ont conduit à admettre que

100 kilog. de coke d'Ostrau,
120 kilog. de coke de Fünfkirchen,
155 kilog. de lignites de Liescha,

sont des poids à peu près équivalents au point de vue de la chaleur fournie.

L'emploi d'un tiers de lignite a réalisé une économie de 10f,50 par tonne de fonte grise Bessemer.

Des essais du même genre furent commencés à la même époque (novembre 1874) à Zelltweg. Ils ont été poursuivis avec persévérance et succès, de sorte que la marche avec 50 p. 100 de combustible cru a pu être maintenue pendant des semaines.

Les résultats obtenus sont les suivants :

		MARCHE AU COKE.	MARCHE AVEC LIGNITE.
Par charge	Combustible. Coke	1.500kg	Coke 900. . 900kg. Lignite. . . 840kg.
	Minerai. . . .	2.000 à 2.100kg	2.000 à 2.100kg.
Production par 24 heures.		40 tonnes.	30 tonnes.
Consommation par tonne de fonte.	Coke.. .	1,500kg.	Mélange. 1.740kg.
	Castine..	300kg.	— 300kg.

Température de l'air. 400° C.

Ainsi. . . { 100 kilog. de coke
et 140 — de lignite de Fohnsdorf }

produisent des quantités de chaleur équivalentes.

La nature de la fonte est restée exactement la même et elle s'affine aussi bien; mais la production a dû être réduite d'un quart environ.

Comptant le coke à 47 francs la tonne, et le lignite à

18f,80 la tonne, on voit qu'on réalise ainsi une économie de plus de 12 francs par tonne de fonte.

Si l'emploi du lignite avait été introduit en 1873, par exemple, alors que les prix du coke étaient si élevés, l'économie aurait dépassé 23 francs par tonne.

Après cinq mois de marche régulière, le directeur des fourneaux de Zelltweg pouvait dire qu'avec une soufflerie assez forte et de l'air assez chaud, il était persuadé qu'on pourrait aller jusqu'à remplacer 75 p. 100 de coke par une quantité équivalente de lignite cru.

Il considérait cependant comme nécessaire de garder 25 à 30 p. 100 de coke, surtout en raison de son action mécanique pour maintenir la porosité dans la masse et faciliter la circulation des gaz.

Dans le courant du printemps de 1875, le *fourneau de Trofayach* a commencé à remplacer le charbon de bois par des lignites de Leoben. Puisque 50 p. 100 de lignites de qualité très-inférieure n'amènent pas de perturbation dans la marche, il semblerait qu'on doit pouvoir aller jusqu'à 70 ou 75 p. 100 de lignites de Leoben sans inconvénients (*).

Étude théorique de la marche des hauts fourneaux. — Cherchons en finissant à étudier théoriquement la marche des hauts fourneaux dont nous venons de donner les résultats, et voyons ce qu'il leur reste encore de chemin à parcourir pour réaliser les conditions de marche idéale telles

(*) Le haut fourneau de Kalan (Hongrie) marche depuis quelque temps avec une charge de combustible composée de :

25 p. 100 de coke d'Ostrau,
25 p. 100 de coke de Fünfkirchen,
25 p. 100 de charbon de bois dur,
25 p. 100 de lignite cru.

Il produit une fonte qui ne contient que 0,01 à 0,03 de S. et des traces de phosphore; mais jusqu'à 3 p. 100 de silicium.

que mon père les a définies dans ses *Études sur les hauts fourneaux*.

Cette étude nous est facilitée par les remarquables recherches faites par le professeur Kupelwieser, de Leoben, sur le haut fourneau Wrbna, d'Eisenerz (Jahrbuch de Leoben, XXI, 1873.)

Reprenant et complétant les recherches si originales et si précieuses faites par Tunner sur le même fourneau, dix ans auparavant, il nous fournit tous les éléments essentiels pour une étude complète.

Le fourneau Wrbna a :

13m,27 de hauteur.

Diamètre au bas du creuset.	1m,58	
— au ventre.	2 ,37	
— au gueulard. . . .	0 ,95	dans la trémie.
	1 ,58	dans le fourneau.

Volume : 38m³ 1/2.

Il est à quatre tuyères, disposées comme le montre la *fig.* 49 de la Pl. XII. Deux tuyères (nos 1 et 2) ont 65 millimètres de diamètre ; les deux autres n'ont que 53 millimètres.

La pression du vent est de 64 millimètres de mercure.

La température de l'air est variable d'une tuyère à l'autre par le fait de l'emploi simultané d'anciens et de nouveaux appareils, et par le fait également de parcours plus longs du vent pour atteindre deux des tuyères.

Les températures étaient donc, aux tuyères 1, 2, 3, 4, de 450, 280, 520 et 280° C.

Pendant la durée des expériences une charge se composait de :

2 Innerberger Fassel (0m³,616 de charbon de bois).
200 kilog. de minerai.
15 — de schistes argileux.
4 — de fer lavé.

Le rendement était de 50 à 52 p. 100.

La production, par 24 heures, de 19 tonnes 1/2.

Par tonne de fonte, on avait une consommation de 753 kilog. de charbon de bois, et les laitiers produits pesaient environ 650 kilog.

La température des gaz au gueulard atteignait le chiffre élevé de 500° C.

Les analyses des différentes matières employées ou produites, faites sur des prises d'essais moyennes, ont donné les résultats suivants :

MINERAI.

Fe^2O^3	52,5
FeO	11,25
SiO^3	8,77
Al^2O^3	0,41
CaO	10,02
MgO	1,53
Mn^3O^4	2,93
CO^2	12,11
	99,52

SCHISTES.

SiO^3	77,86
Al^2O^3	14,01
FeO	1,66
CaO	0,75
MgO	1,51
HO	2,15
Alcalis et pertes	2,06
	100,00

FONTE BLANCHE.

Fe	94,26
Mn	1,55
C	3,79
Si	0,34
S	0,02
Ph	0,04
	100,00

LAITIERS.

SiO^3	46,09
Al^2O^3	5,32
FeO	3,17
MnO	8,21
CaO	29 54
MgO	6,30
Alcalis et pertes	1,37
	100,00

CHARBON DE BOIS.

C	91
H	2
O	5
Cendres	2
	100

GAZ DU GUEULARD.

CO^2	21,47
CO	23,40
Hydr. carb.	0,38
H	0,29
Az	54,46
	100,00

Se basant sur ces analyses, on peut établir le tableau suivant comme balance de la fabrication :

Haut fourneau de Wrbna (**Eisenerz**). — (Septembre 1871, mars 1872.)

MATIÈRES PREMIÈRES par kilogramme de fonte produite.		RÉPARTITION des matières.	PRODUITS. Fonte.	Laitiers.	Gaz.
	kilog.				
Minerai	2,0909				
Formé de :					
Fe^2O^3	1,1202	Fe	0,9396	»	»
FeO	0,2192	FeO	»	0,0172	»
		O	»	»	0,3826
		Mn	0,0155	»	»
MnO	0,0614	MnO	»	0,0414	»
		O	»	»	0,0045
		Si	0,0034	»	»
SiO^3	0,1845	SiO^3	»	0,1773	»
		O	»	»	0,0038
Al^2O^3	0,0086	Al^2O^3	»	0,0086	»
CaO	0,2106	CaO	»	0,2106	»
MgO	0,0321	MgO	»	0,0321	»
CO^2	0,2543	CO^2	»	»	0,2543
Fondant	0,1437				
formé de :					
SiO^3			»	0,1090	»
Al^2O^3			»	0,0197	»
FeO			»	0,0022	»
CaO			»	0,0011	»
MgO			»	0,0021	»
Alcalis			»	0,0096	»
Charbon de bois	0,7533				
		C {	0,0379	»	»
			»	»	0,6476
		Cendres	»	0,0151	»
		H	»	»	0,0151
		O	»	»	0,0376
Total des matières solides chargées	2,9879		0,9964	0,6460	1,3455
Air injecté (sous la pression de 64^{mm})	2,9800	O	»	»	0,6852
		Az	»	»	2,2818
		HO { O	»	»	0,0116
		HO { H	»	»	0,0014
Il se trouve encore dans la fonte		S. et Ph.	0,0036	»	»

		kilog.
Total des produits.	Fonte	1,000
	Laitiers	0,646
	Gaz	4,3255

La composition que nous obtenons par le calcul pour les gaz du gueulard et les laitiers est peu différente de celle que donne l'analyse des produits eux-mêmes.

Calculons maintenant les quantités de chaleur produites et dépensées.

1° *Chaleur produite et apportée.* — Dans le tableau précédent, nous avons calculé comme si tout l'hydrogène et tout le carbone étaient brûlés à l'état de HO, CO ou CO^2. Mais l'analyse des gaz du gueulard montre qu'il existe, au contraire, une portion notable du carbone qui s'échappe à l'état d'hydrogène carboné et qu'il se dégage également de l'hydrogène libre.

Il vaut mieux, par suite, baser le calcul des chaleurs sur l'analyse directe qui exprime mieux les réactions plus complexes qui se passent dans le fourneau.

Nous trouvons ainsi comme quantité de gaz au gueulard $4^{kg},4314$, se composant de

Az.	2,4131	ou	Az.	2,4131
CO^2.	0,9516		C.	0,7169
CO.	1,0371		O.	1,2844
Hydrog. carb. .	0,0168		H.	0,0170
H.	0,0128			

Un poids de 0,2543 de CO^2 provient du minerai.

La combustion du carbone fournit donc :

$CO^2 = 0,9516 - 0,2543 = 0,6973$, contenant $C = 0,1902$
CO. . . . . 1,0371 $C = 0,4445$

La chaleur fournie par la combustion du charbon de bois est donc :

A l'état de CO^2. . . . . . . $0,1902 \times 8080 = 1.537$ calor.
A l'état de CO. . . . . . . $0,4445 \times 2473 = 1.100$ —

2.637 —

La chaleur apportée par le vent est en tout de 262 calories (en tenant compte des températures variables du vent aux différentes tuyères et de leurs dimensions différentes).

Enfin la chaleur apportée par le minerai, qui est chargé à une température d'environ 400°, est de :

$$2^{kg},09 \times 400 \times 0,18, \quad \text{ou} \quad 150 \text{ calor.}$$

En résumé :

Chaleur produite par le carbone.	= 2.637 calor.
Chaleur apportée par le vent.	= 262 —
Chaleur apportée par le minerai.	= 150 —
Donc, chaleur totale fournie par les diverses sources	= 3.049 calor.

2° *Chaleur dépensée.* — Des expériences directes faites par mon père ont donné 265 calories comme chaleur possédée par 1 kilog. de fonte blanche rayonnante d'Eisenerz.

Les laitiers manganésifères, très-fluides, obtenus avec ces fontes possèdent environ 390 calories. Et comme ici on ne produit, par tonne de fonte, que 650 kilog. de laitiers, on ne dépense que 253 calories.

La plus forte portion de la chaleur est absorbée par la réduction. Nous devons tenir compte de ce que le minerai est un mélange de protoxyde et de sesquioxyde de fer, la chaleur nécessaire pour la réduction de ces deux oxydes étant très-différente. Nous admettrons, ce qui n'est qu'approximatif, que la chaleur de réduction de MnO est la même que celle de FeO. D'après cela nous avons comme chaleur absorbée par la réduction de :

Fe^2O^3. . . .	0,784 × 1887.	1.479,5
FeO et MnO.	0,172 × 1352.	232,5
		1.712,0

La fonte contient encore différentes matières, Ph, S et Si. Admettons 7.000 calories comme quantité de chaleur moyenne absorbée par ces réductions, nous avons, d'après l'analyse :

0,004 × 7000. . . . . 28 calor.

Les gaz s'échappent à la température de 500°. Ils emportent :

$$4^{kg},4314 \times 0,24 \times 500 = 532 \text{ calor. } (*)$$

Si nous récapitulons, nous trouvons :

		calor.
Chaleur absorbée par la réduction du minerai.		1.712
Chaleur absorbée par la réduction de la	silice.	28
—	par la fonte.	265
—	par les laitiers.	253
—	par les gaz.	532
	Total.	2.790
	Reste.	259
		3.049

Les 259 calories représentent la chaleur perdue par rayonnement, tuyères et bâches à eau, et surtout employée aux réactions accessoires, telles que vaporisation et décomposition d'une petite quantité d'eau, élimination de CO^2, etc.

Ce dernier chiffre est un peu faible, ce qui doit provenir sans doute d'une estimation trop élevée de la température moyenne des gaz du gueulard. En tous cas, cela ne provient pas de ce que j'aie négligé l'hydrogène du charbon de bois parmi les sources de chaleur, puisqu'on retrouve tout l'hydrogène à l'état libre dans les gaz du gueulard. Mais pour juger de la marche du fourneau, il faut savoir si le carbone a été brûlé dans de bonnes conditions, c'est-à-dire si la réduction a été faite complétement avec de l'oxyde de carbone, sans intervention de carbone solide.

Nous avons $\frac{CO^2}{CO} = 0,917$ dans les gaz du gueulard.

La combustion du carbone a fourni, comme nous l'avons

(*) En admettant, d'après les calculs de mon père, que 0,24 est approximativement la chaleur spécifique moyenne des gaz.

vu, un total de 2.637 calories. Il faut, dans la marche idéale, produire la même quantité de chaleur.

Le poids de carbone contenu dans l'oxyde de carbone, transformé en acide carbonique par la réduction, est :

Pour le fer provenant de $\begin{cases} Fe^2O^3 \ldots\ldots & 0{,}784 \times {}^3/_7 \times {}^3/_4 = 0{,}252 \\ FeO \text{ et } MnO. & 0{,}172 \times {}^2/_7 \times {}^3/_4 = 0{,}036 \end{cases}$

0,288

Ce carbone en brûlant donnera :

$$0{,}288 \times 8080 = 2.327 \text{ calories.}$$

Il restera donc 310 calories à fournir par le carbone brûlant à la tuyère à l'état de CO.

Pour les produire il faudra $0^k{,}125$ de carbone.

Ainsi le poids total de carbone qui devrait théoriquement être suffisant serait de :

kilog.
0,413 pour la combustion,
et 0,038 pour la carburation,

Soit 0,451

Ce qui correspond à $0^k{,}495$ de charbon de bois, tandis qu'on brûle $0^k{,}753$ de charbon de bois; on pourrait donc encore réaliser une économie de $0^{kg}{,}258$, soit une économie de 33 p. 100.

Les conditions sont encore actuellement les mêmes.

Un pas assez important a été réalisé par les fourneaux de Hieflau dans ces derniers mois.

La surélévation à $14^m{,}50$ et l'augmentation du volume par tonne fabriquée par 24 heures a réduit la consommation de combustible à 660 kilog. par tonne; c'est déjà une économie de 12 p. 100 de la consommation ancienne. Elle doit être due à un abaissement de température au gueulard.

D'autres usines, Treibach en particulier, marchent dans de meilleures conditions encore, puisque la moyenne pour l'un des fourneaux n'est que de 602 kilog.

Les conditions, comme minerais, ne sont pas absolument les mêmes qu'à Eisenerz; mais pourtant les différences sont assez faibles pour qu'on puisse comparer ces deux groupes de fourneaux.

Cette consommation de Treibach correspond à une économie de 20 p. 100 par rapport à la consommation d'Eisenerz.

La différence d'avec la consommation théorique ne serait donc plus que de 13 p. 100.

Les fourneaux de Treibach sont, par suite, très-près d'avoir atteint la limite d'économie possible; surtout si l'on remarque que la température de l'air étant moindre à Treibach qu'à Eisenerz, il faut demander au charbon une plus forte proportion de la chaleur nécessaire aux réactions.

L'économie à réaliser, en conservant les appareils à air chaud actuels, pourrait donc à peine atteindre 10 p. 100.

Situation économique des hauts fourneaux. — La situation économique des hauts fourneaux s'est profondément modifiée depuis une trentaine d'années.

C'est ce qui ressort d'une façon bien nette du tableau suivant, qui met en parallèle les variations des prix de la fonte, du charbon de bois, et des matières essentielles de la vie.

Les prix se rapportent spécialement à la Carinthie; mais évidemment les mêmes fluctuations ont dû se faire sentir dans les autres régions.

Prix de diverses matières.

ANNÉES.	FONTE. — La tonne.	CHARBON de bois. — mètre cube.	JOURNÉE de travail de 12 heures.	SEIGLE. — Hectol.	FROMENT. — Hectol.	VIANDE. — Kilogr.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
1600	70	—	—	—	—	—
1650	80	—	—	—	—	—
1700	85	—	—	—	—	—
1750	122	—	—	—	—	—
1800	158	2,31	0.70	—	—	—
1810	102	2,53	0,90	10,60	20,00	0,65
1820	144	2,46	0,70	6,40	12,70	0,40
1830	120	2,23	0.65	11,40	15.60	0,45
1840	156	3,13	0,82	10,60	14.60	0.47
1850	142	3,72	1,20	13,60	19.60	0.65
1860	162	5,07	1,35	14,20	21.00	0.85
1866	125	5.95	1,20	15.00	17.50	0.65
1868	135	8,00	1,30	17,00	22.00	0.83
1870	200	8,95	1,85	15.20	20.75	1,06
1871	214	9.75	2,05	15.80	21,50	1.15
1872	230 à 250	10,50 ch. légers. 11,50 ch. durs.	2,20	17.00	22.00	1,40
Juillet 1873	270	Id.	—	—	—	—
Déc. . 1874	136	Id.	—	—	—	—
Déc. . 1875	132	Id.	—	—	—	—

En examinant ces tableaux, on voit de suite que certaines matières, et spécialement le froment, ont peu varié de prix. Il y a eu de nombreuses fluctuations tenant à l'état des récoltes, mais les importations étrangères et le développement de la culture ont empêché une hausse permanente.

Pour le seigle, céréale des pays montagneux, les importations ne sont pas venues aussi abondantes ; aussi y a-t-il hausse d'un tiers environ sur la valeur.

Les populations ouvrières et urbaines se développent, tandis que l'élève du bétail ne croît que difficilement, faute de pâturages suffisants. La viande de boucherie a donc augmenté, comme dans tous les autres pays, et sa valeur a doublé.

L'augmentation la plus forte a eu lieu dans les cinq ou six dernières années ; c'est aussi dans cette période que les salaires ont doublé, comme argent au moins. En effet, autrefois, dans la plupart des usines, le salaire se compo-

sait de deux parties : 1° une somme d'argent très-modique ; 2° toute une série de matières alimentaires (*), avec le logement et le chauffage.

Si les ouvriers voulaient une plus grande quantité de blé ou de graisse que celle qui leur était donnée, ils pouvaient en acheter à prix réduit. Ces coutumes ont presque complètement disparu depuis quelques années ; mais aussi, à Hieflau, par exemple, la moyenne des salaires est montée à plus de 2f,40 par jour.

Pour le charbon de bois, l'augmentation s'est produite dans un rapport bien autrement considérable : il a plus que quadruplé de valeur, et la continuité de l'augmentation fait prévoir que le mouvement d'accroissement n'est pas près de s'arrêter ; une crise aussi violente que celle que traverse l'industrie métallurgique a pu seule produire un moment d'arrêt.

Les prix des fontes sont loin de varier aussi régulièrement : les moindres perturbations politiques ont produit des baisses brusques, et de longues années de stagnation, ou des hausses non moins subites, suivant les résultats des événements.

En tous cas, ce sont ces dernières années qui ont montré les perturbations les plus grandes dans le marché des fontes : les mêmes qualités ont perdu en quelques mois la moitié de leur valeur ; et à la hausse qui avait pu subsister assez longtemps pour qu'on pût croire à un état presque normal a succédé une baisse dont on ne peut prévoir la durée.

Après deux ou trois années de bénéfices qui atteignirent jusqu'à 120 à 180 francs par tonne de fonte, pendant quel-

(*) C'était à Eisenerz, par mois, environ :
30 litres de froment,
70 litres de seigle,
3 kilogr. de graisse.

ques mois, les compagnies se voient toutes obligées de vendre leurs fontes presque au prix coûtant (*).

Le prix de revient des fontes à Vordernberg, par exemple, peut, croyons-nous, s'établir à peu près de la façon suivante :

Par tonne de fonte blanche :

	francs.
2.000 kilog. de minerai grillé à 16f,50 la tonne. .	33,00
5 mètres cubes de charbon de bois à 10f,30. . . .	51,50
15 p. 100 de déchet de charbon de bois.	7,70
Fondant.	1,80
Main-d'œuvre et régie.	16,00
Total.	110,00

Pour peu que les frais généraux soient élevés, et qu'il faille servir les intérêts à un capital un peu fort, on voit qu'il ne reste plus aucun bénéfice.

Il est bon cependant de remarquer que, dans ce prix de 16 francs par tonne de minerai, il y a un bénéfice pour l'association des propriétaires de l'Erzberg.

A Eisenerz, le minerai grillé, pris à la sortie des fours, ne revient guère qu'à 7f,50, ce qui est dû surtout aux frais très-peu élevés d'une exploitation complétement à ciel ouvert.

En comptant même un bénéfice de 1 franc par tonne de minerai, on voit que la fonte d'Eisenerz revient à 15 francs meilleur marché, soit environ 95 francs la tonne.

(*) Une indication bien nette des perturbations extraordinaires qu'a subies l'industrie métallurgique est fournie par les cours successifs des actions des compagnies même les plus solides.

Celles d'Innerberg, de 200 florins, émises à 180 florins, ont atteint 510 florins en mai 1873, pour tomber à :

175 florins le 31 décembre 1873.
142 — le 31 décembre 1874.
115 à 120 florins en mai 1875.

TABLEAUX DE LA MARCHE DES HAUTS FOURNEAUX

DANS

LA RÉGION DES ALPES

TABLEAU n° 1.

Tableau de la marche des ha

NOMS des fourneaux.	HAUTEUR.	VOLUME.	NOMBRE des tuyères.	NATURE du charbon.	NATURE des minerais.	RENDEMENT des minerais.	PRODUCTION par 24 heures.	NATURE des fontes
	mètres.	mèt. c.				p. 100.	tonnes de 1.000 kil.	
Four à vent (wind-öfen).	1,6 à 1,9	2 à 2 1/4	1	Gros Sapin.	Cru.	20 à 25	0,2 à 0,3	Loupe ferreuse
Four (stücköfen).	2 à 2,50	3	1	Id.	Id.	20 à 25	0,8	Id.
Idem.	3,5 à 4	3	1	Id.	Id.	30 à 32	0,8 à 0,9	Id.
— (à Lölling).	3,8	3,75	1	Id.	Id.	33	0,950	Id.
HAUTS FOURNEAUX (HOCHÖFEN).								
Mosinz.	4,75	2,90	1	Id.	Id.	35	1,5 à 1,750	Fonte blanche
Eisentratten (près Gmünd).	5,70	2,30	1	Id.	Id.	35	1,600 à 1,650	Id.
Eisentratten (près Gmünd).	7,90	5,60	2	Id.	Id.	38	4,7 à 4,8	Id.
Eisentratten (près Gmünd).	12,65	33,5	3	Sapin.	Mélangé de cru et grillé 1/3.	37	5,4 à 6	Id.
Lölling.	8,85	8,50	1	Gros sapin.	Cru.	50	4,4	Id.
Lölling.	12,75	52	3	Sapin.	Grillé.	50	15	Id.
Treibach.	11,13	16,3	3	Id.	Cru.	46	8	Id.
Treibach n° 1.	11,35	28,5	3	Id.	Grillé.	47	14	Id.
— n° 2.	15,16	53	5	Id.	Id.	47	20 à 21	Id.
— n° 3.	15,16	53	5	Id.	Id.	48	20 à 21	Id.
Heft.	9,32	6,65	1	Id.	Cru.	50	5	Id.
Heft (Johann Ernst)	13,27	49	5	Id. et 13 0/0 de ch. dur.	Grillé.	50 1/2	15	Fonte grise pour Bessemer.
Idem.	13,27	49	5	Id. et 20 0/0 de ch. dur.	Id. et 20 0/0 de menu cru.	52	16	Id.
Heft (Pulcheria).	13,27	49	5	Id.	Id.	52	17 6 (fonte refondue).	Id.
Waidisch.	11,13	17,6	1	Sapin.	Scories.	58	3	Fonte grise de moulage.

fourneaux dans la région des Alpes.

DURÉE du séjour du minerai dans le fourneau.	TEMPÉRATURE de l'air.	CONSOMMATION en charbon		CAPACITÉ par 1 tonne de product^on.	DATE du travail.	OBSERVATIONS.
		en volume.	en poids.			
heures.	degrés C.	mèt. cub.	kilog.	mèt. cub.	années.	Le mètre cube de charbon de bois léger (sapin) pèse 120 kilog. Le mètre cube de charbon de bois dur (chêne) pèse 220 kilog.
10 à 12	Froid.	40 à 45	5000 à 5500	»	Moyen âge.	
8 à 10	Id.	35 à 40	4500 à 5000	»	Moyen âge jusqu'à la fin du XVIIIe siècle.	D'après Agricola (à section rectangulaire).
Id.	Id.	26 à 28	3400 à 3500	»	Fin du XVIIIe siècle.	
12	Id.	20	2500	4	1775	
»	Id.	21 à 22	2600	1,7 à 1,9	1760	
»	Id.	21	2500	1,45 à 1,50	1780	Mélange de minerai spathique et de minerai argileux assez pauvre venant de Krems.
»	Id.	14 à 15	1700 à 1800	1,2	1808	
»	200	10 à 10,2	1200 à 1250	5,6 à 6	1875	
»	Froid.	7,30	875	1,9 à 2	1808	Minerai spathique altéré, très-riche. — Dans la période de 1845-55. Tandis que le produit par fourneau passait de 8 à 12 tonnes, la consommation se réduisait de 75 à 65 p. 100.
»	200	5,40 à 5,60	650 à 680	3,4	1875	Minerai tout-venant grillé. . . .
»	Froid.	6,50	780	2	1808	Minerai spathique altéré.
10	300	6,65	800	2	1873	
Id.	370 à 380	5,25	630	2,65	1875	1er semestre. — La variation de température de l'air de 200 à 300° ne fait pas sensiblement varier la consommation, qui se maintient toujours à 63 et 65 p. 100 pour la fonte blanche.
»	Id.	5,01	602	2,65	1875	Id.
»	Froid.	8,00	960	1,33	1808	Minerai spathique altéré.
»	210	6,37	900	3,3	1871	
10 à 11	350	5,13	720	3,1	1875	La charge se compose de minerai et de fonte (6 tonnes par 24 heures) qui est refondue là plutôt que d'allumer un cubilot. Rapportée à la fonte provenant du minerai, la consommation est de 5m3,6 à 5m3,7.
Id.	Id.	4,98	700	3	1875	
»	150	10 à 10,2	1250	5,8	1875	Fourneau qui marche depuis plus de quarante ans en n'employant absolument que des scories d'affinerie ou de réchauffage.

TABLEAU n° 2. **Tableau de la marche des hauts fourneaux**

NOMS des fourneaux.	HAUTEUR.	VOLUME.	NOMBRE des tuyères.	NATURE du charbon.	NATURE des minerais.	RENDEMENT des minerais.	PRODUCTION par 24 heures.	NATURE des fontes.
	mètres.	mèt. c.				p. 100.	tonnes de 1.000 kil.	
HIEFLAU.								
Les 3 fourneaux. .	11,37	21,2	2	Sapin.	fer spathique cru.	36,5	6 à 7	Fonte blanche
Idem.	11,37	25,2	2	Id.	Id.	39	7	Id.
Idem.	11.37	31,5	3	Id.	Grillé.	47	11,4	Id.
Ludovica.	11,37	31,7	3	Id.	Id.	47	17	Id.
Idem.	14.56	100	5	Id.	Id.	47	30	Id.
Ferdinand.	11,37	35	3	Id.	Cru.	39	13	Id.
Idem.	11,37	35	3	Id.	Grillé.	48	20.5	Id.
Idem.	14,56	50,2	5	Id.	Id.	48	22	Id.
Franz-Joseph. . . .	11,37	35	3	Id.	Id.	48	18	Id.
Idem.	14,56	50	3	Id.	Id.	48	20	Id.
VORDERNBERG.								
La plupart des fourneaux. . . .	6 à 7	7 à 8	1 à 2	Id.	Grossièrem[t] calciné.	40 à 44	5	Id.
Id. (à plusieurs exceptions près). .	8 à 9	12 à 13	2	Id.	Grossièrem[t] calciné.	45	8	Id.
Radwerk n° 3. . .	11,70	30	5	Id.	Grillé.	46	17,5	Id.
Radwerk n° 7 (Fridau).	13,27	40	4	Id.	Id.	46	22,5	Id.
Radwerk n° 7 (Fridau).	13,27	40	4	Sapin et 1/8 dur.	Id.	47	33 à 35	Id.
Radwerk n° 3. . . .	14,54	101	4	Sapin et 15 % dur.	Id.	50	28	Id.
Stadt Leoben. . . .	12,16	44,6	4	Sapin et 15 % dur.	Id.	48	20	Id.
Baron Franz Mayr.	10,74	20,6	2	Sapin et 1/8 dur.	Id.	47	10	Id.

dans la région des Alpes (*suite*).

DURÉE du séjour du minerai dans le fourneau	TEMPÉRATURE de l'air.	CONSOMMATION en charbon		CAPACITÉ par 1 tonne de product^{on}	DATE du travail.	OBSERVATIONS.
		en volume.	en poids.			
heures.	deg. C.	mèt. cub.	kilog.	mèt. cub.	Années.	
»	Froid.	8,00	960	3,5	1817-40	Air froid. Minerai cru.
»	175	7,70	925	3,6	1840-50	Introduction de l'air chaud.
8,4	150	5,7	684	2,8	1855-68	Introduction du grillage du minerai. — Production moyenne.
5,9	150	6,28	754	1,9	1869-74	Augmentation de la production par 24 heures.
11,8	»	»	»	3,3	1876	Augmentation de volume. — Fourneau en construction (consommation espérée 63 p. 100).
»	175	8,22	986	2,8	1855-58	Air chaud. — Minerai cru.
3,8	175	6,47	776	1,75	1870-74	Air chaud. — Minerai grillé. — Forte production.
7,6	200	6,00	720	2,3	1875-76	Air chaud. — Minerai grillé. — Fourneau plus élevé. — Production moyenne.
6,4	150	6,25	750	1,95	1875	Air chaud. — Minerai grillé.
»	150	5,5	660	2,50	1876	Air chaud. — Minerai grillé. — Fourneau plus élevé. — Production relativement faible.
»	Froid.	9,5	1130	1,4 à 1,6	1820-45	Air froid. — Un seul fourneau (Fridau) dépasse 7 mètres de hauteur.
	150	8,0	960	1,4 à 1,6	1845	Il n'y a qu'un seul fourneau qui essaye l'air chaud, qui lui donne 15 p. 100 d'économie.
»	150	7,58	910	1,5	1845-55	Introduction d'air légèrement chaud. — Première augmentation de dimensions.
»	200	6,50	780	1,9	1855	Les deux fourneaux les plus avancés de la vallée en 1855.
»	230	5,95	710	1,8	1855	Les appareils de grillage sont installés avec soin.
6 à 8	320	4,90	680	1,2	1875	Pression extrême de 31 centimètres de mercure.
»	450	4,7 à 5,00	640 à 660	3,6	1875	Tous ces fourneaux emploient des mélanges de charbon de sapin et de charbon de chêne provenant de Hongrie.
»	350	5,25	690	2,2	1875	
»	350	5,38	725	2,0	1875	Petit fourneau mis hors feu à la fin de l'année.

TABLEAU n° 3. **Tableau de la marche des hauts fourneaux**

NOMS des fourneaux.	HAUTEUR.	VOLUME.	NOMBRE des tuyères.	NATURE du charbon.	NATURE des minerais.	RENDEMENT des minerais.	PRODUCTION par 24 heures.	NATURE des fontes.
	mètres.	mèt. c.				p. 100.	tonnes de 1.000 kil.	
EISENERZ.								
Wrbna........	11,37	27,4	2	Sapin.	Spath. cru.	37	8 1/2	Id.
Idem........	11,37	26,8	2	Id.	Id.	37	8	Id.
Idem........	11,37	31,6	3	Id.	Grillé.	51	12	Id.
Idem........	11,37	31,6	3	Id.	Id.	50	15 1/2	Id.
Idem........	13,27	38,4	4	Id.	Id.	50	20 1/2	Id.
Idem........	13,27	38,4	4	Id.	Id.	50	19	Id.
Kaiser Franz-Josef.	11,37	27,4	2	Id.	Spath. cru.	38,5	8 1/2	Id.
Idem........	13,27	38	4	Id.	Grillé.	49	12 1/2	Id.
Idem........	13,27	38	4	Id.	Id.	49	14 1/2	Id.
Idem........	13,27	38	4	Id.	Partiellem[t] grillé.	45	15	Id.
Idem........	13,27	38	4	Id.	Id.	50	18	Id.
Idem........	13,27	38	4	Id.	Id.	52	17 1/2	Id.
Ruprecht......	11,37	27,4	2	Id.	Spath. cru.	37	8 1/4	Id.
Idem........	11,37	27,4	2	Id.	Partiellem[t] grillé.	48	12	Id.
Idem........	12,06	34,5	4	Id.	Grillé.	50	15 1/2	Fonte blanche
Idem........	12,06	34,5	4	Id.	Id.	48 1/2	20 1/2	Id.
MARIAZELL. Les 3 fourneaux.	8,84	9,25	1	Id.	Cru.	28	1,4	Grise man
	10,12	13,25	1	Id.	Grillé.	35	2	Id.
	11,37	35,0	2	Id.	Id.	40	6,5	Id.
NEUBERG.....	11,40	13,1	2	Id.	Cru.	38	4,3	Blanche.
	13,60	40,0	3	Id.	Grillé.	48	19,5 à 20	Id.
	13,60	50,0	5	Id.	Id.	48	16	GriseBessem
HAUTS FOURNEAUX AU COKE.								
Schwechat.....	19,00	285,0	4	Coke.	Spathique d'Eisenerz grillé,	50	45	Id.
Idem........	19,00	285,0	4	Id.	mélangé de menu cru.	47,5	50	Blanche.
Zelltweg.......	17,7	215,0	6	Id.	Id.	49	30	GriseBessem
Prävali.......	17,3	185,0	5	Id.	Spath. grillé de Huttenberg.	50-52	30-40	Blanche.

dans la région des Alpes (suite).

DURÉE du séjour du minerai dans le fourneau.	TEMPÉRATURE de l'air.	CONSOMMATION en charbon en volume.	CONSOMMATION en charbon en poids.	CAPACITÉ par 1 tonne de product^{on}	DATE du travail.	OBSERVATIONS.
heures.	deg. C.	mèt. cub.	kilog.	mèt. cub.	Années.	
»	Froid.	9,65	1160	3,2	1838-43	Marche moyenne de toute une campagne.
»	210	8,84	1060	3,4	1843-44	Première campagne à l'air chaud.
»	180	7,82	938	2,6	1855	Air chaud et minerais grillés.
»	170	7,00	840	2,0	1870	Air chaud et minerais grillés. — Production assez forte.
»	400 à 550	6,7	804	1,8	1871-74	Air très-chaud. — Grand fourneau.
»	300	6,85	822	2,0	1875	Air moins chaud.
»	Froid.	9,53	1145	3,2	1842-44	Marche moyenne d'une campagne. — Air froid.
»	Froid.	10,14	1217	3,0	1872	Marche moyenne de trois mois. — Air froid. — Minerai grillé.
»	100	8,85	1065	2,6	1871	
»	175	7,40	888	2,5	1870-71	Marche moyenne des deux années.
»	300	7,44	893	2,1	1872	Moyenne de cinq mois. — Air surchauffé.
»	350	7,38	885	2,1	1873-74	Moyenne d'une année. — Air moins chaud.
»	Froid.	9,96	1196	3,3	1842-44	Marche moyenne de deux ans à l'air froid.
»	160	8,55	1026	2,3	1855	
»	175	7,65	918	2,2	1870-72	Marche moyenne de deux ans.
»	500	6,4	768	1,7	1873	Marche moyenne. — Air très-chaud.
»	Froid.	16,5	1968	6,6	1820	D'après Karsten.
»	Id.	11,6	1390	6,6	1832	D'après les notes de mon père.
»	250	7,5	900	5,4	1875	
»	Froid.	8,6	1030	3,0	1820	D'après Karsten.
»	270	6,7	800	2,0	1875	
»	300	8,3	1000	3,1	1875	
»	350	»	1500-1600	6,3	1874-75	
»	350	»	1400-1450	5,7	1873	
»	400	»	1150-1200	7,0	1874	
»	400	»	1150	5 à 6	1873	Avec cokes anglais à 15 p. 100 de cendres.

LÉGENDE DES PLANCHES.

Pl. XI. Coupes de fours et hauts fourneaux employés à la fabrication du fer et de la fonte en Styrie et Carinthie, depuis les temps les plus anciens.

Fig. 1. *1re période de l'industrie métallurgique. Trous creusés en terre* découverts en 1870 près de Hüttenberg.

L'un A est large et peu profond, le second B est profond.

Les parois sont formées à l'extérieur d'une couche assez mince de cendres et scories concassées, que recouvre une enveloppe de 0m,25 à 0m,30 d'argile bleue battue. Cet enduit est scoriacé dans le trou *B* en *hh*, sur un tiers environ de la circonférence.

Fig. 2. *2e période. Premiers fours à cuve.* Four à section circulaire de 0m,95 de diamètre et 1m,90 de hauteur.

Les parois sont en schiste, le fond en pisé. Le four peut être percé en *a* pour la sortie de la loupe ferreuse. La tuyère, terminée par un busillon en terre cuite, est placée à des hauteurs variables suivant la marche de l'opération. En tous cas, l'opération doit être arrêtée avant que la boule ne soit trop grosse pour passer entre le fond et la voûte *b* qui soutient la paroi latérale.

Fig. 3 *et* 4. *3e période. Fours à loupes* (Stückőfen).

Ces fours sont soufflés mécaniquement; ils sont situés généralement au bord des cours d'eau. Ils sont à section circulaire ou ovale, suivant l'ancienne pratique styrienne.

L'un d'eux (*fig.* 3) a la forme d'un double cône; l'autre (*fig.* 4) est à parois à pente uniforme. Tous deux vont en s'élargissant vers la région de la tuyère; le diamètre (0m,85 à 0m,90) est même très-grand relativement à la très-faible pression du vent; cette disposition était naturelle du moment que l'on cherchait à éviter un produit ferreux fondu.

Fig. 5 *à* 53. *4e période. Hauts fourneaux.*

Nous remarquons dans la plupart des fourneaux primitifs un diamètre très-faible (0m,45 à 0m,65) dans la région inférieure (*fig.* 5, 6, 7, 12, 20, etc.).

En réduisant la section, au niveau des tuyères, au tiers ou au quart de ce qu'elle était dans les fours à loupes, on arrivait, sans modifier la pression du vent, à réaliser une température assez élevée pour fondre la masse ferreuse.

Les premiers fourneaux sont simplement formés de deux troncs de cône; ils sont très-élancés. Le rapport du diamètre du ventre au diamètre du creuset est voisin ou égal à 2.

Fig. 5. **Fourneau situé près de Mosinz. Il est à section carrée au creuset et au gueulard, suivant la méthode importée du Hartz en Autriche.**

Fig. 5 *à* 24. *Hauts fourneaux de Carinthie et Haute-Styrie.*

Fig. 6, 7, 8. *Haut fourneau d'Eisentratten*, **près Gmünd, au comte Lodron.**
Dimensions successives : 2^{m3},30 ; — 5^{m3},60 ; — 33^{m3},50.
en 1780 ; — 1808 ; — 1875.

La forme élancée est conservée, quoique cependant, dans le dernier fourneau, le rapport du diamètre du ventre au diamètre du creuset dépasse 2.

Fig. 9. *Haut fourneau de Waidisch.* **Sa forme spéciale est due à l'emploi exclusif de scories diverses en place de minerais ; il marche plus généralement en fonte grise.**

Fig. 10 *et* 11. *Haut fourneau de Neuberg.* **L'ancien (*fig.* 10) était élancé, mais sa capacité intérieure ne dépassait pas 13 mètres cubes. Pour arriver à la capacité de 50 mètres cubes, sans dépasser 13 mètres de hauteur, et en conservant un profil peu anguleux, on a été amené à augmenter jusqu'à 1^{m},70 le diamètre du creuset, ce qui semble beaucoup. Il est vrai qu'il y a 5 tuyères ; la pression du vent est de 9 centimètres de mercure, la température de l'air supérieure à 500°.**
Ce fourneau produit de la fonte grise Bessemer.

Fig. 12, 13, 14. *Hauts fourneaux de Mariazell* **pour fonte de moulage.**
Il faut remarquer la tendance continuelle à augmenter le volume, tout en conservant un creuset étroit et élevé. Comme on voulait éviter d'élever le fourneau au delà de 11^{m},50, on a été forcément amené à construire des étalages de plus en plus plats, ce qui risque de créer un angle mort en *aa* ; l'arête *bb*, tant qu'elle n'a pas été détruite par le frottement, peut causer des renversements dans les charges.

Fig. 15, 16, 17, 18, 19. *Hauts fourneaux de Lölling et Treibach.*
Le premier à profil un peu trapu, les autres à profils plus élancés, ce qui explique la marche plus avantageuse des deux grands de Treibach qui ont pourtant le même volume que ceux de Lölling.

Remarquons les dimensions du n° 16 qui, en 1808, avait déjà plus de 11 mètres de hauteur et de 16 mètres cubes de capacité.

Fig. 20, 21, 22. *Hauts fourneaux de Heft.* **Le premier fourneau (1808) marchait d'une façon économique malgré son très-petit volume intérieur, mais grâce à sa forme élancée.**

Vers 1832, on avait essayé d'abaisser le ventre de façon qu'il ne fût plus qu'au cinquième de la hauteur, tandis que sa position normale est au tiers. Cet essai fut désavantageux et ne fut pas imité.

Les fourneaux actuels (*fig.* 22) sont destinés à la fabrication de fonte Bessemer grise.

Fig. 23 *et* 24. *Hauts fourneaux de Prävali.* **Le fourneau (*fig.* 23) a 185 mètres cubes de capacité intérieure ; il a marché au coke, puis au mélange coke et lignite.**

Le fourneau (*fig.* 24) a été construit dans l'intérieur du précédent pour marcher au charbon de bois. Il présente un très-bon type de fourneau élancé à grand volume.

Fig. 25 *à* 34. *Hauts fourneaux de la vallée de Vordernberg.*

Fig. 25. *Type des hauts fourneaux en* 1820, d'après Karsten. Haut fourneau plutôt trapu et de 7 mètres cubes de capacité seulement.

Fig. 26. *Type des hauts fourneaux en* 1832, d'après les notes de voyage de mon père. Haut fourneau plus élancé, mais à peine plus grand comme capacité intérieure.

Fig. 28. Petit fourneau existant encore en 1875 et marchant à l'air froid.

Fig. 27, 30, 32. Hauts fourneaux en construction ou récemment mis en feu en 1875.

Fig. 33. Ancien fourneau de Fridau, capacité, 40 mètres cubes.

Fig. 34. Haut fourneau de Trofayach, capacité, 58 mètres cubes. Type des plus élancés.

Pl. XII. *Profils des hauts fourneaux de Styrie.*

Fig. 35 *à* 44. *Profils divers essayés à Hieflau.*

Fig. 35 *à* 42. Hauteur uniforme de 11m,37 (36 pieds).

Fig. 35. Haut fourneau élancé de 21 mètres cubes, pour marcher à l'air froid.

Fig. 36. Augmentation des diamètres pour marcher à l'air chaud.

Fig. 37 *et* 38. Tentative d'augmentation de volume en maintenant la hauteur constante.

Le fourneau (*fig.* 38) est tout à fait trapu. Sa marche est mauvaise, irrégulière. La consommation est très-forte. Ce fourneau doit être mis hors et remplacé par les types anciens (*fig.* 37).

Fig. 39 *et* 40. Vers 1867, on essaya une disposition qui a été appliquée pour la première fois à Malapane, en Hongrie.

Les parois de la cuve sont disposées en échelons renversés; en principe, ce mode de construction a pour but de gêner le mouvement ascensionnel des gaz le long des parois, mais, en fait, il se produisait des perturbations dans les charges. Il y avait plus de vides le long des parois que dans l'ancien système, de sorte que l'effet était plus nuisible qu'utile. Aussi n'a-t-on pas continué à construire de cette façon les derniers fourneaux.

Fig. 41 et 42. Hauts fourneaux tels qu'ils marchaient encore en 1875, mais trop petits pour la production qu'on voulait obtenir,

Fig. 43 *et* 44. *Nouveaux hauts fourneaux*, où l'on a réalisé l'augmentation de volume en portant la hauteur à 14m,50.

Ces fourneaux sont à 4 tuyères placées de façon à souffler de part et d'autre de l'axe du fourneau.

Fig. 45 *à* 49. *Hauts fourneaux d'Eisenerz.*

Les modifications se font dans le même sens et avec les mêmes résultats qu'à Hieflau. Augmentation des diamètres pour marcher à l'air chaud (*fig.* 46). Augmentation de la capacité intérieure sans augmentation de la hauteur (*fig.* 47 *et* 48).

Enfin, nouvelle augmentation de volume avec forte élévation du fourneau (*fig.* 49), dès 1870. Mais on commença par employer une trémie très-petite, ce qui amenait une perturbation dans les charges à leur entrée dans le fourneau (*fig.* 49 *bis*). La disposition actuelle (*fig.* 49) semble bien plus rationnelle, en permettant une descente plus régulière des charges.

Fig. 50 *à* 53. *Grands hauts fourneaux.*

Fig. 50. *Hauts fourneaux de Schwechat* au coke. Capacité, 285 mètres cubes. Hauteur, 19 mètres.

a. Disposition primitive des 6 tuyères.

b. Disposition actuelle qui a l'avantage de rapprocher les zones de combustion des trous de coulée des laitiers et de la fonte (*c* et *d*), et par conséquent d'y élever la température.

Fig. 51. *Haut fourneau de Zeltweg* au coke, spécialement destiné à fabriquer de la fonte grise Bessemer.

Fig. 52 *et* 53. *Hauts fourneaux de Niklasdorf et Fridau* en construction.

Le premier devrait surtout employer des cokes et lignites, le second des charbons de bois durs.

Ils sont tous deux à 4 tuyères.

Pl. XII. *Fig.* 1, 2, 3. *Fours de grillage de Vordernberg* à grilles latérales.

Les figures représentent deux fours de grillage accouplés. Ce sont des fours à cuves de 5m,75 de hauteur totale de la grille au gueulard. Mais les fours sont disposés en vue de réaliser l'utilisation de la chaleur propre des matières grillées, de sorte que la hauteur réelle de grillage n'est que de 3m,55.

Latéralement en *c. c. c. c.* se trouvent de petites grilles étroites et allongées (0m,21 sur 1m,50), sur lesquelles est brûlé du lignite. Les produits de la combustion sont dirigés par des conduits assez courts et larges dans la cuve qui n'a plus en ce point que 0m,60 de large.

Les minerais chargés par le gueulard *g* s'échauffent, se grillent, puis arrivés en dessous des entrées de gaz, se refroidissent. Ils sont retirés, soit par l'ouverture *d* au-dessus des barreaux de grille, soit en-dessous de ces barreaux que l'on peut retirer facilement.

La consommation de lignite dans ces petites grilles si étroites est relativement forte. Aussi ces fours sont-ils abandonnés de plus en plus.

bb. Massif en briques ordinaires.

aa. — — réfractaires.

Fig. 4. *Coupe géologique de l'Erzberg de Styrie.*

Ce croquis montre l'accroissement énorme que prend le minerai

sur l'un des flancs de la vallée. D'horizontale qu'elle est sur la rive gauche, la masse devient bientôt verticale sur la rive droite.

Elle affleure à la base, puis recouverte sur quelques centaines de mètres, elle ressort de nouveau de dessous la brèche calcaire pour s'élever à découvert presque jusqu'au sommet de la montagne.

Pl. XIII. *Fig.* 1, 2, 3. *Haut fourneau au coke de Schwechat*, près Vienne.

Ce sont deux fourneaux Buttgenbach.

La cuve proprement dite repose sur un massif en maçonnerie de briques rouges de 12 mètres de côté et 7 mètres de hauteur.

Toute l'installation de prise de gaz du gueulard repose partie sur le fourneau, partie sur les tuyaux de descente de gaz.

La cuve est formée d'une simple enveloppe en briques réfractaires ; elle est fortement armée d'une série de cercles espacés de 0m,60 les uns des autres et reliés entre eux par des fers plats boulonnés aux cercles.

La partie supérieure du fourneau sur 3m,50 est entourée d'une chemise continue en tôle. De cette façon on a obtenu une enveloppe presque partout discontinue qui laisse visible les briques, mais qui est assez solide pour pouvoir soutenir une fraction importante du poids du gueulard qui est très-massif.

La partie inférieure (étalages et ouvrage) est disposée en vue d'obtenir une réfrigération aussi énergique que possible La *fig.* 2 montre l'installation d'un rang de fausses tuyères situées à 3m,25 au-dessus du fond du creuset ; en dessous de ces tuyèreset tout autour du fourneau règnent sept rangs de bâches à eau : ce sont des bâches plates en fonte recouvertes d'une plaque de tôle et ouvertes à la partie antérieure. L'eau y circule librement et tombe, au moyen d'un trop-plein, d'une bâche dans celle placée immédiatement en dessous.

L'eau de tous ces appareils finit par se réunir dans un conduit circulaire *aa* régnant tout autour du fourneau.

A 30 centimètres en dessous du niveau des tuyères se trouve une tuyère Lürmann pour l'écoulement des laitiers; car le fourneau, comme tous les fourneaux au charbon de bois de Styrie et Carinthie, est à poitrine fermée.

Les *fig.* 2, 3 représentent le mode de disposition des briques du creuset dans l'un des fourneaux. Ce sont des briques placées de champ, en rangs verticaux, mais légèrement inclinées dans chaque rang, comme l'indiquent ces deux coupes à angle droit.

La *fig.* 1 représente la disposition appliquée au fourneau n° 2, et qui semble préférable, quoiqu'elle demande des briques ajustées avec beaucoup plus de soin. Les briques ont une hauteur double, sont disposées en cercle et obliques par rapport à l'axe du fourneau.

Fig. 4, 5, 6, 7. *Fours de grillage d'Eisenerz.* Fours à cuve destinés à griller des minerais spathiques gros ou demi-gros, purs, au moyen de fraisils et menus charbons de bois.

Le minerai est amené par les rails *aaa*, distribué par wagonnets à renversement latéral.

Des galeries *bbb* permettent de surveiller les barreaux de grille, de les maintenir assez dégagés pour le courant d'air, puis de tirer le minerai grillé qui glisse le long du plan incliné *cc*, pour tomber dans des trémies *dd* disposées pour ramener le minerai vers une galerie souterraine régnant dans l'axe du fourneau comme dans la *fig.* 6, ou vers des galeries extérieures (*fig.* 7). Cette dernière disposition est bien préférable, à cause de la chaleur que possèdent encore les minerais à leur sortie et de l'épaisse poussière que produit leur chute.

Les minerais grillés sont reçus dans des wagonnets circulant sur des rails *rr* régnant au niveau inférieur.

Pl. XIV. *Fig.* 1, 2, 3, 4, 5. *Fours de grillage au gaz de l'ingénieur Fillafer.*

Massif de 14 fours sur deux rangs parallèles.

Un four se compose essentiellement d'une cuve rectangulaire prismatique AA qui est séparée, par un rang de barreaux de grille, d'une seconde capacité BB, terminée inférieurement par un plan incliné qui conduit à une trémie DD. Deux fours A_1 et A_2 accolés bout par bout, sont recouverts par une voûte unique CC, percée à la partie supérieure d'une cheminée.

A 25 centimètres au-dessus de la grille est percé, dans chaque paroi latérale, un rang d'orifices par lesquels les gaz pénètrent dans le four.

Les *fig.* 4 et 5 donnent à une échelle double le détail de ces admissions de gaz.

Les gaz des hauts fourneaux arrivent par le tuyau *bb*, et pénètrent dans le canal *cd* qui règne sous le milieu du four. Un massif de fours peut, au besoin, être isolé par les registres *ee*. Entre chaque four, de chaque rang, monte un canal *ff*. Le gaz parcourt ce canal vertical et se partage vers la partie haute en deux courants qui vont par les conduits horizontaux *hh* dans l'un et l'autre four de droite et de gauche.

Des registres en fonte, mobiles dans des cadres *ii* également en fonte, au moyen de triangles *tt* qui se prolongent jusqu'au dehors des fours, permettent d'isoler un quelconque des fours.

Supposons l'appareil en marche régulière. Les fours AA sont remplis de minerais en train de subir le grillage ; les trémies BB sont remplies de minerais grillés. Les portes *p.p*, *q.q* sont fermées ; l'air entre par les orifices des trémies DD, s'échauffe, enflamme les gaz débouchant par les orifices *aa*. Les produits de la combustion abandonnent une grande partie de leur chaleur sensible en traversant la colonne de minerai, puis s'échappent par le trou de la cheminée C.

Un ouvrier se promène sur les galeries *g.g*, ouvre et ferme plus ou moins les orifices *ii* au moyen des tringles *tt*. De temps en temps, il enlève quelques barreaux de grille au travers de la porte *qq*, et fait tomber du minerai de A dans B.

Pendant ce temps, d'autres ouvriers tirent le minerai froid par D, tandis qu'une troisième équipe amène le minerai cru. Sur les rails rr court un chariot porteur, muni de rails dirigés perpendiculairement aux premiers, au niveau des rails $r'r'$. Le wagonnet porteur est arrêté devant un four dont la porte p est ouverte; le wagonnet à minerai, chargé de 400 kil., est poussé sur les rails $r'r'$ et se vide soit dans l'un, soit dans l'autre des deux fours A_1 ou A_2.

La production d'un pareil four est de 4 tonnes à 4 tonnes et demie de minerais grillés. Le service est fait par quatre hommes pour l'ensemble des 14 fours. On compte que tout compris, main-d'œuvre, entretien, amortissement, le grillage coûte 40 à 45 centimes par tonne de minerai grillé.

Fig. 6 et 7. ***Four de grillage au gaz de l'ingénieur Moser.***

Les figures représentent le four simplifié tel qu'il existe à Neuberg.

Le minerai, introduit par la trémie A, parcourt le four BB à sole inclinée et sort par la trémie C.

Les gaz sont amenés par les tuyaux g_1 et g_2.

L'air pénètre au travers des barreaux $b.b$, ou bien par la trémie C; il s'échauffe et enflamme les gaz qui courent le long de la voûte pour s'échapper par la cheminée k.

Dans le cas le plus habituel de minerais menus, les gaz ne sont introduits que par g_2.

Le regard p est destiné à faciliter l'écoulement du minerai dans le cas où un engorgement se produirait.

La sole est en fonte; au-dessous est maintenu, au moyen de plaques de tôles et de rails, un garnissage en sable pour empêcher la déperdition de chaleur.

Le prix du revient du grillage, tous frais compris, n'est guère supérieur à 27 à 30 centimes par tonne de minerai grillé. Mais le grillage n'est pas toujours aussi parfait que dans les fours Fillafer.

Fig. 8, 9. *Four de grillage de l'ingénieur Wagner* pour minerais spathiques pyriteux. Admission d'air centrale et périphérique; aa sont des tablettes en fonte reliées par des montants bb également en fonte.

L'espace compris entre ces tablettes peut être laissé libre ou rempli par des briques suivant que l'on veut donner plus ou moins d'air.

Le minerai sort par trois orifices inférieurs C.

L'air pénètre par le conduit D, pour être distribué par les carneaux percés dans la colonne centrale.

Fig. 10, 11 et 12. Disposition d'*un brûleur à gaz* employé aux appareils à air chaud d'Eisenerz.

Les gaz arrivent par le tuyau ab et s'échappent par les tubulures cc.

L'air arrive librement en dessus et en dessous en de.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA FRANCE.

PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX, DES FONTES, DES FERS, DES TÔLES ET DES ACIERS PENDANT L'ANNÉE 1875 (*).

I. COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Tableau de la production par département.

DÉPARTEMENTS.	PRODUITS DES EXPLOITATIONS distingués en trois catégories.			
	Anthracite.	Houille.	Lignite, stipite, etc.	quint. métr. Totaux.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	
Ain	»	»	8.865	8.865
Allier	128.170	10.301.791	»	10.429.961
Alpes (Basses-)	»	236.650	190.450	427.100
Alpes (Hautes-)	72.000	»	»	72.000
Ardèche	69.561	76.868	8.623	155.052
Aude	»	»	2.140	2.140
Aveyron	»	7.364.626	51.774	7.416.400
Bouches-du-Rhône	»	»	3.400.673	3.400.673
Calvados	»	122.022	»	122.022
Cantal	»	19.643	»	19.643
Corrèze	»	40.921	»	40.921
Côte-d'Or	86.889	»	»	86.889
Creuse	67.860	2.765.535	»	2.833.395
Dordogne	»	»	10.515	10.515
Drôme	»	»	10.000	10.000
Gard	»	16.442.706	225.797	16.668.503
Hérault	112.783	2.572.487	15.364	2.700.634
Isère	1.050.470	»	21.000	1.071.470
Loire	42.102	32.765.310	»	32.807.412
Loire (Haute-)	»	1.820.929	»	1.820.929
Loire-Inférieure	221.500	»	»	221.500
Lot	»	16.114	»	16.114
Maine-et-Loire	497.391	»	»	497.391
Mayenne	976.232	41.720	»	1.017.952
Nièvre	»	1.424.667	»	1.424.667
Nord	5.188.626	28.624.331	»	33.812.957
Pas-de-Calais	»	32.415.681	»	32.415.681
Puy-de-Dôme	192.462	2.240.955	»	2.433.417
A reporter	8.706.046	139.292.936	3.945.201	151.944.183

(*) Ces tableaux sont tirés des états qui ont été publiés, par ordre de M. le Ministre des Travaux publics, au *Journal officiel* (numéro du 24 mai 1876) et qui sont dressés à l'aide des documents fournis par les Ingénieurs des Mines.

Tableau de la production par département (suite).

DÉPARTEMENTS.	PRODUITS DES EXPLOITATIONS distingués en trois catégories.			
	Anthracite.	Houille.	Lignite, stipite, etc.	Totaux.
	quint. mètr.	quint. mètr.	quint. mètr.	quint. mètr.
Report.	8 706 046	139.292.936	3.945.201	151.944.183
Pyrénées (Basses-).	1.650	»	»	1.650
Pyrénées (Hautes-).	»	»	2.000	2.000
Rhône.	»	307.002	»	307.002
Saône (Haute-).	»	2.014.032	119.455	2.133.487
Saône-et-Loire.	1.222.126	10.228.780	»	11.450.906
Sarthe.	261.578	»	»	261.578
Savoie.	237.511	»	»	237.511
Savoie (Haute-)	1.560	»	53.163	54.723
Sèvres (Deux-).	»	201.187	»	201.187
Tarn.	»	2.402.300	»	2.402.300
Var.	14.000	28.500	41.000	83.500
Vaucluse.	»	»	68.530	68.530
Vendée.	»	316.748	»	316.748
Vosges.	»	»	25.010	25.010
Totaux.	10.444.471	154.791.485	4.254.359	169.490.315

Tableau de la production par bassin.

NOMS DES BASSINS.	NOMS DES DÉPARTEMENTS dans lesquels les bassins sont situés.	PRODUCTION.
		quint mètr.
Valenciennes.	Nord. Pas-de-Calais.	65.449.103
Loire.	Loire. Rhône.	32.765.310
Alais.	Ardèche. Gard.	16.516.903
Creuzot et Blanzy.	Saône-et-Loire.	9.782.115
Commentry.	Allier.	9.445.001
Aubin.	Aveyron.	7.236.138
Aix.	Bouches-du-Rhône. Var.	3.414.673
Ahun.	Creuse.	2.765.535
Graissessac.	Hérault.	2.674.170
Carmaux.	Tarn.	2.402.300
Saint-Eloy.	Puy-de-Dôme.	2.032.788
Brassac.	Loire (Haute-). Puy-de-Dôme.	2.022.475
Ronchamp.	Saône (Haute-).	2.014.032
Decize.	Nièvre.	1.424.667
Epinac.	Saône-et-Loire.	1.388.167
Le Maine.	Mayenne. Sarthe.	1.242.810
Le Drac.	Isère	1.014.000
Hardinghem.	Pas-de-Calais.	779.535
Basse-Loire.	Loire-Inférieure. Maine-et-Loire.	718.891
Buxière-la-Grue.	Allier.	663.900
	A reporter.	165 872.513

Tableau de la production par bassin (suite).

NOMS DES BASSINS.	NOMS DES DÉPARTEMENTS dans lesquels les bassins sont situés.	PRODUCTION.
		quint. métr.
	Report	165.872.513
Vouvant et Chantonnay	Sèvres (Deux-). Vendée	517.935
Manosque	Alpes (Basses-). Vaucluse	427.100
Bert	Allier	321.060
Maurienne-Tarentaise et Briançon	Alpes (Hautes-). Savoie	309.511
Sainte-Foy-l'Argentière	Rhône	307.002
La Chapelle-sous-Dun	Saône-et-Loire	276.624
Langeac	Loire (Haute)	173.621
Bagnols	Gard	167.026
Rodez	Aveyron	128.488
Littry	Calvados	122.022
Gouhenans	Saône (Haute-)	119.455
Sincey	Côte-d'Or	86.889
Aubenas	Ardèche	69.561
Bourganeuf	Creuse	67.860
Entreverues	Savoie (Haute-)	54.723
Milhau	Aveyron	51.774
Orange	Vaucluse	48.530
Fréjus	Var	42.500
Roanne	Loire	42.102
Saint-Pierre-la-Cour	Mayenne	41.720
Barjac	Gard	33.804
Terrasson	Corrèze. Dordogne	30.559
Communay	Isère	28.070
La Cadière	Var	27.000
Bourg-Lastic	Puy-de-Dôme)	25.462
Norroy	Vosges	25.010
Célas	Gard	21.500
La Tour-du-Pin	Isère	21.000
Méthamis	Vaucluse	20.000
Champagnac	Cantal	19.643
La Caunette	Aude. Hérault	17.504
Saint-Perdoux	Lot	16.114
Roujan	Hérault	11.100
Simeyrols	Dordogne	10.515
Montélimart	Drôme	10.000
Douvres	Ain	8.865
Oisans	Isère	8.400
Meimac	Corrèze	6.903
Banc-Rouge	Ardèche	6.800
Forges	Saône-et-Loire	4.000
Argentat	Corrèze	3.659
Trévezel	Gard	3.461
Le Vigan	Gard	2.677
Orignac	Pyrénées (Hautes-)	2.000
Vagnas	Ardèche	1.829
Ibantelly	Pyrénées (Basses-)	1.650
	Total	169.490.315

II. INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE.

Tableau de la production des fontes.

DÉPARTEMENTS.	FONTE au combustible végétal.	FONTE aux deux combustibles.	FONTE au combustible minéral.	PRODUCTION totale.
	quint. mét.	quint. mét.	quint. mét.	quint. mét.
Allier	»	»	924.080	924.080
Ardèche	»	»	790.883	790.883
Ardennes	31.950	»	114.000	145.950
Ariége	»	27.000	115.711	142.711
Aube	»	12.172	»	12.172
Aveyron	»	»	379.370	379.370
Bouches-du-Rhône	»	»	315.955	315.955
Cher	56.450	110.036	117.900	284.386
Corse	92.600	»	»	92.600
Côte-d'Or	49.900	»	83.000	132.900
Côtes-du-Nord	6.025	10.718	»	16.743
Dordogne	67.268	»	»	67.268
Doubs	19.330	»	»	19.330
Eure	»	»	3.268	3.268
Eure-et-Loir	»	»	11.237	11.237
Gard	»	»	639.036	639.036
Gironde	47.260	»	»	47.260
Ille-et-Vilaine	25.145	»	»	25.145
Indre	40.540	»	»	40.540
Isère	15.231	»	180.480	195.711
Jura	»	»	220.084	220.084
Landes	160.630	»	»	160.630
Loire	»	»	505.606	505.606
Loire-Inférieure	5.800	»	»	5.800
Lot-et-Garonne	8.000	»	140.000	148.000
Marne	»	»	25.475	25.475
Marne (Haute-)	216.192	387.871	229.685	833.748
Mayenne	»	21.030	»	21.030
Meurthe-et-Moselle	30.482	»	2.958.017	2.988.499
Meuse	58.800	31.090	207.000	296.890
Morbihan	39.600	»	»	39.600
Nord	»	»	1.432.347	1.432.347
Orne	»	»	8.200	8.200
Pas-de-Calais	»	»	557.550	557.550
Pyrénées-Orientales	85.000	»	»	85.000
Rhône	»	»	627.933	627.933
Saône (Haute-)	146.990	»	»	146.990
Saône-et-Loire	»	»	1.723.007	1.723.007
Sarthe	»	17.829	»	17.829
Savoie	8.670	»	»	8.670
Savoie (Haute-)	1.950	»	»	1.950
Tarn-et-Garonne	5.000	»	»	5.000
Vienne	»	»	10.900	10.900
Totaux	1.218.813	617.746	12.320.724	14.157.283

Tableau de la production des fers.

DÉPARTEMENTS.	FER au combustible végétal.	FER aux deux combustibles.	FER au combustible minéral.			PRODUCTION totale.
			Rails.	Autres fers que les rails.	Totaux.	
	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.
Allier	»	47.750	68.330	190.070	258.400	306.150
Ardennes	»	3.600	»	333.810	333.810	337.410
Ariége	1.800	»	»	106.658	106.658	108.458
Aube	»	21.800	»	42.734	42.734	64.534
Aveyron	»	»	329.870	111.940	441.810	441.810
Bouches-du-Rhône	»	»	»	13.555	13.555	13.555
Charente	5.050	»	»	3.100	3.100	8.150
Cher	»	23.435	»	»	»	23.435
Corse	13.290	»	»	»	»	13.290
Côte-d'Or	28.200	2.385	»	125.000	125.000	155.585
Côtes-du-Nord	1.122	»	»	28.317	28.317	29.349
Dordogne	37.750	19.200	»	32.982	32.982	89.932
Doubs	27.551	»	»	2.635	2.635	30.186
Finistère	»	»	»	5.176	5.176	5.176
Gard	»	»	101.065	163.249	264.314	264.314
Garonne (Haute-)	»	»	»	12.800	12.800	12.800
Gironde	»	»	»	8.200	8.200	8.200
Ille-et-Vilaine	»	2.416	»	»	»	2.416
Indre	5.675	12.060	»	»	»	17.735
Isère	»	11.100	19.350	67.120	86.470	97.570
Jura	7.000	»	2.354	155.176	157.530	164.530
Landes	16.800	16.500	»	»	»	33.300
Loir-et-Cher	1.550	»	»	»	»	1.550
Loire	»	»	81.930	615.239	697.169	697.169
Loire-Inférieure	»	»	»	71.000	71.000	71.000
Marne (Haute-)	»	12.640	»	687.091	687.091	699.731
Mayenne	271		»	»	»	271
Meurthe-et-Moselle	16.464	4.184	»	463.535	463.535	484.183
Meuse	»	»	»	133.700	133.700	133.700
Nièvre	9.486	22.478	»	185.132	185.132	217.096
Nord	»	»	339.864	1.441.979	1.781.843	1.781.843
Oise	»	»	»	170.936	170.936	170.936
Orne	300	»	»	»	»	300
Pas-de-Calais	»	»	»	6.000	6.000	6.000
Pyrénées (Basses-)	1.534	»	»	»	»	1.534
Pyrénées-Orientales	6.360	»	»	»	»	6.360
Rhin (Haut-), territoire de Belfort	11.444	»	»	»	»	11.444
Saône (Haute-)	8.100	9.403	»	»	»	17.503
Saône-et-Loire	»	»	246.826	364.359	611.185	611.185
Sarthe	1.824	»	»	»	»	1.824
Savoie	1.175	»	»	»	»	1.175
Savoie (Haute-)	3.000	3.700	»	3.880	3.880	10.580
Seine	»	»	»	236.908	236.908	236.908
Seine-Inférieure	»	»	»	5.163	5.163	5.163
Seine-et-Oise	»	»	»	23.995	23.995	23.995
Somme	»	»	»	7.550	7.550	7.550
Tarn	»	»	»	8.301	8.301	8.301
Tarn-et-Garonne	1.200	»	»	1.000	1.000	2.200
Vienne	500	»	»	»	»	500
Vosges	25.010	»	»	»	»	25.010
Yonne	346	»	»	91.090	91.090	91.436
Totaux	232.802	212.651	1.189.589	5.919.380	7.108.969	7.554.422

Tableau de la production des tôles.

DÉPARTEMENTS.	TOLES produites avec des fers fabriqués			PRODUCTION totale.
	au combustible végétal.	aux deux combustibles.	au combustible minéral.	
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
Aisne	»	»	9 970	9 970
Allier	»	31.000	57.850	88.850
Ardennes	24.700	20.000	136.500	181 200
Aveyron	»	»	5.390	5.390
Côtes-d'Or	3.900	»	10.700	14.600
Doubs	21.654	»	8.842	30 496
Isère	»	»	9.810	9.810
Jura	5.942	»	62.901	68 843
Loire	»	»	159.199	159.199
Marne (Haute-)	»	»	35.647	35.647
Morbihan	20.982	»	10.603	31.585
Nièvre	»	20.465	»	20.465
Nord	»	»	184.401	184.401
Oise	3.157	22.813	73.473	99.443
Saône (Haute-)	10.380	»	»	10.380
Saône-et-Loire	19.000	»	157.333	176.333
Savoie (Haute-)	300	»	3.900	4 200
Vosges	18.500	»	»	18 500
Totaux	128.515	94.278	926.519	1.149.312

Tableau de la production des aciers.

DÉPARTEMENTS.	ACIERS de forge.	ACIERS puddlés.	ACIERS Bessemer et Martin.	ACIERS de cémentation.	PRODUCTION totale des aciers de forge, puddlés, Bessemer et Martin, et de cémentation.	ACIERS fondus.
	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	quint. métr.	q. m.
Allier	»	»	256.000	»	256.000	»
Ardennes	200	»	»	»	200	500
Ariége	350	22.577	»	880	23.807	250
Charente	»	»	8.000	»	8.000	»
Côte-d'Or	120	»	»	»	120	»
Côtes-du-Nord	»	360	»	26	386	281
Finistère	»	»	»	»	»	191
Gard	»	»	277.016	»	277.016	»
Garonne (Haute-)	»	»	»	7.200	7.200	»
Isère	2.000	45.800	7.200	1.200	56.200	1.600
Loire	»	95.903	707.396	9.497	812.796	49.070
Meurthe-et-Moselle	»	10.200	»	»	10.200	»
Nièvre	»	3.743	107.746	»	111.489	6.267
Nord	»	»	151.669	»	151.669	»
Rhône	»	»	170.538	»	170.538	»
Saône (Haute-)	»	»	»	500	500	439
Saône-et-Loire	»	»	623.261	»	623.261	»
Seine	»	»	5.850	»	5.850	»
Seine-et-Oise	»	»	»	»	»	1.153
Tarn	»	»	»	1.142	1.142	1.680
Totaux	2.670	178.583	2 314.767	20.445	2.516.374	61.431

STATISTIQUE DE LA PRODUCTION DES MÉTAUX PRÉCIEUX(*).

Tableau de la production de l'or et de l'argent sur le globe de 1852 à 1875.

ANNÉES.	OR.	ARGENT.
1852.	912 millions de fr.	202 millions de fr.
1853.	775 —	203 —
1854.	635 —	202 —
1855.	675 —	203 —
1856.	738 —	202 —
1857.	666 —	203 —
1858.	622 —	202 —
1859.	623 —	203 —
1860.	595 —	202 —
1861.	557 —	213 —
1862.	537 —	225 —
1863.	535 —	245 —
1864.	565 —	257 —
1865.	600 —	260 —
1866.	605 —	253 —
1867.	580 —	270 —
1868.	600 —	250 —
1869.	605 —	237 —
1870.	580 —	258 —
1871.	580 —	305 —
1872.	575 —	325 —
1873.	518 —	350 —
1874.	452 —	357 —
1875.	488 —	403 —
Totaux. . . .	14.618 millions de fr.	6.030 millions de fr.

(*) Extrait du *Journal officiel de la République française* du 16 juin 1876, p. 4217.

Tableau de la fabrication de l'or et de l'argent monnayés en France de 1850 à 1875.

ANNÉES.	OR.	ARGENT.
1850.	85 millions de fr.	81 millions de fr.
1851.	270 —	57 —
1852.	27 —	61 —
1853.	313 —	20 —
1854.	526 —	» —
1855.	447 —	65 —
1856.	508 —	6 —
1857.	572 —	» —
1858.	489 —	» —
1859.	703 —	» —
1860.	428 —	» —
1861.	98 —	» —
1862.	214 —	» —
1863.	210 —	» —
1864.	274 —	» —
1865.	162 —	» —
1866.	365 —	» —
1867.	199 —	55 —
1868.	340 —	94 —
1869.	234 —	58 —
1870.	56 —	54 —
1871.	50 —	5 —
1872.	» —	» —
1873.	» —	154 —
1874.	24 —	60 —
1875.	234 —	75 —
Totaux.	6.828 millions de fr.	845 millions de fr.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA PRUSSE POUR L'ANNÉE 1873.

I. — Production des mines (*).

NATURE des matières extraites.	POIDS.	VALEUR totale.	VALEUR par tonne.	NOMBRE des mines en exploitation.	NOMBRE d'ouvriers employés sous terre.	NOMBRE d'ouvriers employés au jour, hommes.	NOMBRE d'ouvriers employés au jour, femmes.	NOMBRE d'ouvriers employés total.	NOMBRE des femmes et des enfants des ouvriers.
	tonnes.	francs.	francs.						
Houille.	32.247.909	442.706.569	13,69	452	127.056	26.861	2.455	156.372	256.365
Lignite.	7.987.832	34.819.534	4,35	551	13.179	4.765	124	18.068	43.098
Asphalte.	17.250	226.875	13,15	2	—	55	—	55	144
Huile minérale.	38	31.050	806,50	3	—	12	—	12	—
Minerai de fer.	3.555.605	41.746.125	11,75	1.290	21.895	8.123	1.257	31.275	58.448
— de zinc.	441.611	15.500.651	35,10	69	6.472	2.363	1.654	10.489	15.579
— de plomb.	96.568	21.971.149	227,52	71	8.219	6.317	851	15.387	29.170
— de cuivre.	285.009	8.905.162	31,25	16	5.757	1.114	14	6.885	12.912
— d'argent et d'or.	6	86.077	14.589,40	—	—	—	—	—	—
— de cobalt.	286	69.101	241,65	1	39	15	—	54	156
— de nickel.	17	15.638	901,30	1	1	—	—	1	4
— d'antimoine.	17	2.700	158,10	3	6	3	—	9	16
— d'arsenic.	3.445	43.065	12,50	1	67	3	—	70	125
— de manganèse.	16.472	1.116.862	67,80	35	268	124	41	433	688
Pyrite.	128.138	3.484.316	27,20	12	708	224	8	940	1.726
Minerais vitrioliques et alunifères.	27.475	200.872	7,30	5	80	88	—	168	393
Sel gemme.	78.774	993.945	12,62	3	409	184	—	593	1.310
Sels potassiques.	163.600	2.001.431	12,22	1	226	152	—	378	828
Sels de magnésie.	17	36.409	2.199,93	—	—	—	—	—	—
Totaux.	45.149.469	573.957.531	—	2.516	184.389	50.403	6.404	241.196	420.995

Les chiffres qui figurent dans la cinquième colonne du tableau précédent n'indiquent que les mines affectées spécialement à l'exploitation de la substance minérale qui se trouve désignée dans la colonne de gauche ; ainsi, les mines qui ont produit les minerais d'argent et d'or sont comptées dans les mines de plomb, celles qui ont produit les sels de magnésie sont exploitées spécialement en vue de l'extraction du sel gemme ; de même une partie des minerais de plomb, de cuivre, de nickel, etc., ont été extraits comme

(*) Voir les statistiques des années 1871 et 1872 au Bulletin des *Annales des mines*, 7e série, t. III, p. 429, et t. V, p. 568.

produits secondaires dans des mines exploitées pour d'autres substances.

Les mines de houille de Schaumburg, appartenant pour moitié seulement à la Prusse, ne sont comptées que pour moitié dans la production générale; de même les établissements miniers de l'Unterharz, dits *Communionwerke*, qui appartiennent en commun à la Prusse et au duché de Brunswick, ne figurent dans ce tableau que pour les 4 septièmes de leur production et de leur nombre d'ouvriers.

L'industrie minière de la Prusse a continué à progresser en 1873, malgré les crises financières qui ont ralenti presque partout les affaires commerciales et ont eu particulièrement une fâcheuse influence sur l'industrie métallurgique. La comparaison des chiffres de 1871 avec ceux de 1872 accuse une augmentation de 31,40 p. 100 dans la valeur totale des produits extraits. La plupart des substances minérales ont, du reste, augmenté de valeur, et pour presque toutes le prix par tonne en 1873 est supérieur au prix de 1872. Le nombre des ouvriers employés dans les mines a subi aussi un accroissement considérable; le travail moyen par homme, pour l'ensemble des substances extraites, a un peu augmenté non-seulement comme valeur, mais aussi comme quantité.

Ce sont, comme d'habitude, les combustibles minéraux qui occupent le premier rang, au point de vue des quantités extraites comme au point de vue de la valeur en argent. Ainsi ils représentent en 1873 83,24 p. 100 de la valeur totale des substances minérales produites. La houille entre pour une part de 80,16 p. 100 et le lignite pour 19,79 p. 100 dans les quantités de combustibles extraites pendant cette même année.

De nouvelles exploitations houillères se sont établies sur divers points, notamment en Westphalie, en Silésie et à Saarbrücken. Le tableau suivant donne pour 1873 la production des divers bassins houillers.

BASSINS.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS EXTRAIT. Total.	POIDS EXTRAIT. Par ouvrier.	PART dans la production totale.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	tonnes.		francs.
Haute Silésie.	32.621	7.769.010	238,15	24,02	9,80
Basse Silésie.	12.313	2.294.819	186,35	7,09	11,47
Wettin.	169	20.322	120,25	0,06	20,20
Löbejün.	231	31.935	138,25	0,10	13,82
Hanovre.	2.678	315.869	117,95	0,98	17,50
Comté de Hohnstein. . .	202	25.055	124,05	0,08	13,08
Schaumburg (1/2). . . .	670	112.349	167,70	0,35	18,98
Minden.	144	8.489	58,95	0,03	21,20
Ibbenbüren.	2.012	230.567	114,55	0,71	14,60
La Ruhr.	77.913	16.127.096	206,95	49,85	13,72
Aix-la-Chapelle.	6.078	1.051.852	173,05	3,25	12,82
La Sarre.	21.341	4.360.546	204,30	13,48	21,00
Totaux et moyennes. . .	156.372	32.347.909	206,85	100,00	13,67
Idem pour 1872. . .	140.544	29.523.775	210,05	»	10,81
Augmentation.	15.828	2.824.134	»	»	2,88
Diminution.	»	»	3,20	»	»

La production des lignites se répartit de la manière suivante entre les diverses provinces :

PROVINCES.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS EXTRAIT. Total.	POIDS EXTRAIT. Par ouvrier.	PART dans la production totale.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	tonnes.		francs.
Brandebourg.	3.322	1.279.502	385,15	16,01	3,68
Silésie.	1.314	423.527	322,30	5,30	4,22
Saxe.	11.116	5.924.427	532,50	74,17	4,42
Hesse-Nassau	1.543	211.508	137,05	2,65	7,43
Provinces rhénanes. . .	648	130.772	201,80	1,64	3,70
Poméranie.	22	689	31,30	0,23	3,82
Posen.	62	12.711	205,00		4,38
Hanovre.	41	4.696	114,55		10,03
Totaux et moyennes. .	18.068	7.987.832	442,10	100,00	4,35
Idem pour 1872.	17.447	7.449.636	427,00	»	4,00
Augmentation.	621	538.196	15,10	»	0,35

La production des minerais de fer a un peu diminué en 1873, par suite de la crise financière qui a ralenti partout le développement de l'industrie métallurgique. Cependant, comme la première moitié de l'année avait encore été très-bonne, la diminution n'est

pas très-considérable ; les minerais extraits se répartissent, au point de vue de la nature, de la manière suivante :

NATURE DU MINERAL.	QUANTITÉS EXTRAITES en 1873.	QUANTITÉS EXTRAITES en 1872.	DIMINUTION.	AUGMENTATION.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Limonite.	25.685	29.012	3.327	»
Hématite brune.	1.574.658	1.661.550	86.892	»
Fer carbonaté.	742.901	771.466	28.565	»
Minerai argileux.	55.396	26.768	»	28.628
Minerai des houillères. .	223.468	275.421	51.953	»
Hématite rouge.	698.148	657.181	»	40.967
Fer magnétique.	10.415	9.277	»	1.138
Minerai en grains.	223.982	240.692	16.710	»
Fer oligiste.	352	"	»	352
Totaux.	3.555.005	3.671.367	116.362	»

La production des minerais de zinc a un peu augmenté, bien que le nombre d'ouvriers ait diminué d'une certaine quantité. Le tableau suivant indique la part de chaque province dans la production :

PROVINCES.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS EXTRAIT. Calamine.	POIDS EXTRAIT. Blende.	POIDS EXTRAIT. Total.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	francs.
Silésie.	5.819	361.355	5.071	366.426	30,45
Hanovre.	38	—	3.862	3.862	155,02
Westphalie.	1.733	22.169	12.681	24.850	41,28
Hesse-Nassau.	131	335	8.186	8.521	62,30
Provinces rhénanes. . .	2.766	393	27.559	27.952	63,35
Totaux et moyennes. .	10.487	384.252	57.359	441.611	35,10
Idem pour 1872.	10.697	355.653	56.162	411.815	25,77
Augmentation.	»	28.599	1.197	29.796	9,33
Diminution.	210	»	»	"	»

Il y a lieu de faire la même remarque pour les minerais de plomb, dont l'extraction se répartit ainsi qu'il suit dans les différentes provinces :

PROVINCES.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS extrait.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	francs.
Silésie	1.804	13.709	273,18
Hanovre	3.664	19.511	268,25
Westphalie	1.192	6.645	253,15
Hesse-Nassau	2.187	9.735	222,08
Provinces rhénanes	6.540	46.968	194,75
Totaux et moyennes	15.387	96.568	227,52
Idem en 1872	16.370	90.168	206,27
Augmentation	»	6.400	21,25
Diminution	983	»	»

Enfin il en est de même pour les minerais de cuivre, dont le tableau suivant indique la quantité extraite dans chaque province :

PROVINCES.	NOMBRE d'ouvriers.	POIDS extrait.	VALEUR par tonne.
		tonnes.	francs.
Silésie	68	5.143	9,40
Saxe	5.904	229.680	33,50
Hanovre	133	7.111	85,48
Westphalie	363	37.027	8,13
Hesse-Nassau	215	4.275	26,10
Provinces rhénanes	202	1.773	81,27
Totaux et moyennes	6.885	285.009	31,25
Idem en 1872	7.025	278.347	31,15
Augmentation	»	6.662	0,10
Diminution	140	»	»

La production des minerais de manganèse a un peu diminué, ainsi que celle des pyrites; celle des minerais d'arsenic a au contraire augmenté dans une forte proportion. Quant aux autres substances, il n'y a pas eu de grandes variations.

II. — Salines.

Sur les 78.774 tonnes de sel gemme produites par les mines, 15.871 ont été raffinées; les salines, qui traitent en outre des eaux salées, ont produit en 1873 les quantités suivantes :

SUBSTANCES produites.	POIDS.	VALEUR.	NOMBRE des salines en exploitation.	NOMBRE d'ouvriers employés.	NOMBRE des femmes et des enfants des ouvriers.
	tonnes.	francs.			
Sel de cuisine......	191.129	6.432.510	32	1.757	4.483
Chlorure de potassium.	61	3.945	—	2	—
Chlorure de magnésium.	20	—	—	—	—
Sel de Glauber.....	220	11.137	—	5	17
Sulfate d'alumine....	370	—	—	—	—
Alun...........	2.340	538.500	5	174	421

III. — **Accidents.**

Les accidents suivis de mort, survenus en 1872 et 1873 dans les diverses mines et les ateliers de préparation qui en dépendent, se répartissent de la manière suivante :

NATURE des exploitations.	1872 Nombre d'ouvriers employés.	1872 tués. Total.	1872 tués. Pour 100	1873 Nombre d'ouvriers employés.	1873 tués. Total.	1873 tués. Pour 100
Mines de houille.....	139.858	383	2,739	159.562	450	2,820
Mines de lignite.....	17.447	53	3,038	18.068	50	2,767
Mines métalliques....	63.493	110	1,732	62.266	98	1,574
Autres exploitations...	6.722	18	2,677	7.698	22	2,859
Totaux et moyennes...	227.520	564	2,479	247.594	620	2,504

Si l'on rapproche ces chiffres des quantités extraites, on trouve qu'il y a eu un homme tué :

	1872	1873
Dans les mines de houille......	pour 77.364 tonnes extraites valant 837.472 francs.	pour 72.134 tonnes extraites. valant 988.530 francs.
Dans les mines de lignites.....	pour 140.559 tonnes extraites valant 563.002 francs.	pour 159.757 tonnes extraites. valant 696.390 francs.
Dans les mines métalliques.....	pour 35.618 tonnes extraites valant 729.360 francs.	pour 46.607 tonnes extraites. valant 955.106 francs.
Soit en moyenne.	pour 75.088 tonnes extraites valant 789.052 francs.	pour 75.306 tonnes extraites. valant 959.055 francs.

Le tableau suivant indique la répartition des accidents de 1873, d'après les causes qui les ont produits :

NATURE DE L'EXPLOITATION.	NOMBRE d'ouvriers employés.	TRAVAIL à la poudre.		CHUTES de blocs.		DANS des plans inclinés.		DANS des puits.		DANS des galeries de roulage.		GRISOU.		MAUVAIS gaz.		PAR des machines.		COUPS d'eau.		AU JOUR.		ACCIDENTS divers.		TOTAL général.	
		Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.
Mines de houille. .	159.562	21	0,132	158	0,990	63	0,395	89	0,558	17	0,107	41	0,257	6	0,038	3	0,019	4	0,025	29	0,182	19	0,119	450	2,820
Mines de lignite. .	18.068	—	—	26	1,439	1	0,055	7	0,387	1	0,055	—	—	8	0,440	2	0,111	—	—	2	0,111	3	0,166	50	2,767
Mines métalliques. .	62.266	12	0,193	41	0,658	—	—	27	0,434	1	0,016	—	—	6	0,096	2	0,032	3	0,048	4	0,064	2	0,032	98	1,574
Autres exploitations.	7.698	1	0,130	11	1,429	1	0,130	4	0,520	—	—	—	—	—	—	2	0,260	—	—	3	0,390	—	—	22	2,858
Totaux et moyennes pour 1873.	247.591	34	0,137	236	0,953	65	0,263	127	0,513	19	0,077	41	0,166	20	0 081	9	0,036	7	0,028	38	0,153	24	0,097	620	2,504
Idem pour 1872. .	227.520	14	0,062	219	0,962	53	0,233	133	0,585	13	0,057	34	0,149	17	0,075	18	0,079	16	0,070	29	0,127	18	0,079	564	2,479

Quant au degré de sécurité offert par les divers modes de transport dans les puits, le tableau suivant indique le nombre d'accidents survenus en 1873 et dans les cinq années 1869 à 1873 pendant la circulation des ouvriers dans les puits, à l'aide d'échelles, de fahrkunst ou de cages guidées.

ANNÉES.	ÉCHELLES.			FAHRKUNST.			CAGES GUIDÉES.		
	NOMBRE d'ouvriers.	NOMBRE d'accidents.		NOMBRE d'ouvriers.	NOMBRE d'accidents.		NOMBRE d'ouvriers.	NOMBRE d'accidents.	
		Total.	Pour 100		Total.	Pour 100		Total.	Pour 100
1873.......	91.910	10	0,109	7.042	2	0,284	57.154	7	[illegible]
Total et moyenne de 1869 à 1873.	424.328	59	0,139	34.179	12	0,351	201.381	57	[illegible]

Ce sont, comme on le voit, les fahrkunst qui offrent le plus de danger, et ce seraient les échelles qui seraient le mode de circulation le plus sûr; mais il faut tenir compte de ce qu'on ne s'en sert que dans les puits d'une faible profondeur, et que dans ces puits les chances d'accidents sont naturellement moindres.

C'est dans le district minier de Dortmund que le grisou a fait le plus de victimes : trente ouvriers ont péri en 1873, sans cependant qu'il y ait eu d'explosion considérable; la plus forte a coûté la vie à quatre individus; ces accidents ont été causés, soit par l'ouverture des lampes, soit par le tirage à la poudre dans des galeries renfermant du grisou, soit encore par le mauvais état des lampes.

IV. — Production des usines.

NATURE des matières produites.	NOMBRE des usines.	NOMBRE des ouvriers.	POIDS. Provenance des minerais indigènes.	POIDS. Provenance des minerais étrangers.	POIDS. Total.	VALEUR.
			tonnes.	tonnes.	tonnes.	francs.
Fonte fabriquée au combustible minéral	84	16.881	1.369.106	101.939	1.471.045	204.531.491
Fonte fabriquée au combustible végétal	77	5.230	78.715	3.968	82.683	18.502.646
Aux deux combustibles	12	155	19.885	289	20.174	3.860.580
Total	173	22.266	1.467.706	106.196	1.573.902	226.894.717
Zinc	36	5.712	58.767	3.794	62.561	35.256.341
Plomb	19	2.460	54.541	5.136	59.677	32.790.638
Cuivre (y compris mattes et cuivre noir)	8	1.375	7.274	477	7.751	14.456.276
Argent	3	333	67.582kg,448	48.377kg,310	115.959kg,758	25.289.029
Or	—	—	206 ,343	99 ,514	305 ,857	1.037.224
Nickel, speiss, etc.	2	93	165ton	105ton	270ton	1.963.695
Bleu de cobalt et autres produits	—	—	—	7,5	7,5	52
Cadmium	—	—	1.066kg,5	—	1.066kg,5	28.500
Antimoine	—	—	1ton,5	2ton	3ton,5	4.988
Produits arsenicaux	1	8	216	—	216	63.750
Soufre	—	—	1,350	—	1,350	339
Acide sulfurique	9	173	29.282	2.272	31.504	3.433.421
Sels vitrioliques (sulfates de fer, zinc, cuivre)	2	58	3.500	82	3.582	1.447.541
Total	.....	.....	.....	.....	.....	342.666.511

Sur les 1.573.902 tonnes de fonte produite en Prusse en 1873, 49.554 tonnes ont été moulées en première fusion, et 1.524.348 employées soit pour le moulage en seconde fusion, soit pour la fabrication du fer ou de l'acier. Le tableau suivant indique les quantités de fonte de seconde fusion, de fer et d'acier produites en 1873 :

NATURE. des matières produites.	NOMBRE des usines.	NOMBRE des ouvriers.	POIDS.	VALEUR.
			tonnes.	francs.
Fonte moulée en seconde fusion	483	24.899	359.229	108.885.457
Fer provenant de fontes brutes	160	89.982	831.796	264.841.759
Fers provenant de vieux fers, loupes, etc.	144	4.000	143.790	50.413.620
Acier brut	30	2.686	85.401	36.136.759
Acier fondu	27	18.405	218.538	85.657.132
Totaux	.....	.....	1.638.754	545.934.727

(*Extrait par* M. Zeiller, *ingénieur des mines, du* « *Zeitschrift für das Berg —, Hütten —, und Salinen-Wesen im Preussischen Staate.* » 22e *volume.* 1874.)

Extrait d'un Rapport sur les conditions de sécurité des mines de Lercara (Sicile).

A la suite d'un éboulement considérable survenu dans les mines de soufre de Lercara, qui constituent le groupe dit *Colle Croce*, le Ministre de l'agriculture, de l'industrie et du commerce du royaume d'Italie a nommé, le 2 mai 1874, une commission qu'il a chargée d'examiner l'état des travaux dans les différents groupes de mines de Lercara et de proposer les mesures propres à prévenir le retour d'accidents semblables. Voici quelques extraits d'une note de M. l'ingénieur Antonio Fabri jointe au rapport de la commission.

Le terrain minier de Lercara n'est qu'un lambeau isolé de la grande formation solfifère qui occupe une si vaste étendue en Sicile. Sa plus grande longueur est de 2 kilomètres des *Friddi* à *Colle Serio*, c'est-à-dire du Nord au Sud; sa largeur de l'Est à l'Ouest est de 1 kilomètre environ entre *Colle Madore* et *Colle Croce*. Mais tout cet espace n'est pas occupé par le gîte de soufre. En passant de l'un à l'autre des quatre groupes de mines dont nous venons de donner les noms, on observe de notables variations dans l'allure du gisement et plusieurs d'entre eux exploitent même des masses indépendantes les unes des autres.

Le groupe de *Colle Croce* est le plus riche et le plus étendu. La direction des bancs est N. 5° O.; l'inclinaison est de 16° à 40° vers l'Est. L'épaisseur des *partimenti* (couches d'argile bitumineuse interstratifiées dans la masse de minerai) varie de quelques centimètres à 1^{m},50.

La puissance du gîte n'est pas bien connue; elle est supérieure à 40 mètres et atteint probablement 50 à 60 mètres.

Le minerai, formé de calcaire légèrement marneux associé au soufre, est tantôt friable et comme fracturé, tantôt plus ou moins compacte. On trouve des minerais tout à fait pauvres, d'autres qui rendent 12 à 13 p. 100 de soufre au calcarone, d'autres donnant 25 p. 100 à l'appareil à vapeur, et enfin le minerai dit *talamone*, qui est du soufre presque pur, rendant 80 à 85 p. 100 aux chaudières. La richesse moyenne est de 18 à 20 p. 100.

Après le groupe de *Colle Croce*, le plus important est celui de *Friddi*. Le gisement n'y est pas divisé par des intercalations stériles; la puissance, non encore reconnue entièrement, est supé-

rieure à 25 mètres. La richesse est presque la même qu'à *Colle Croce.*

A *Colle Madore*, il y a quatre couches de minerai séparées par des bancs stériles de marne ou de gypse marneux à structure schisteuse. La coupe du gîte a été donnée dans les *Annales des mines*, 1re livraison de 1875, tome VII, 7e série (Mémoire sur l'exploitation et le traitement des minerais de soufre en Sicile, par M. Ch. Ledoux, ingénieur des mines).

La puissance totale utile est de 15 à 20 mètres.

La direction des strates est N. 20° O., l'inclinaison de 17° à 37 ou 40° vers l'O.-S.-O.

A *Colle Serio*, on compte trois couches de minerai d'un peu plus de 3 mètres de puissance chacune, donnant environ 10 mètres en tout, séparées par des intercalations stériles de 0m,30 à 0m,75.

La direction est E.-N.-E., l'inclinaison de 20°.

Le minerai de *Colle Serio* et celui de *Colle Madore* sont pauvres.

A *Colle Croce*, la profondeur des travaux varie de 40 à 120 mètres et est communément de 60, 80 et 90 mètres.

L'amas de minerai de ce groupe est reconnu sur une longueur de 600 à 700 mètres en direction.

A *Friddi*, la profondeur des travaux est de 30 à 40 mètres.

A *Colle Madore*, la profondeur est de 70 mètres, l'étendue reconnue en direction est de 150 mètres.

A *Colle Serio*, la profondeur maximum est celle du niveau de la galerie d'écoulement, qui est à 50 mètres au-dessous de l'ouverture la plus élevée. Le gîte est exploré sur 300 mètres environ de longueur et 80 mètres en profondeur.

On estime que la production annuelle restant la même qu'en 1873, la durée probable d'activité des mines de *Lercara* est de :

25 ans	pour le groupe de	*Colle Croce.*
20 ans	—	*Colle Friddi.*
12 ans	—	*Colle Madore.*
8 à 10 ans	—	*Colle Serio.*

D'après la loi du 17 octobre 1826, encore en vigueur en Sicile, la propriété du dessus entraîne celle du dessous.

L'étendue des solfatares dépend donc de celle des propriétés superficielles qui sont extrêmement divisées.

A *Colle Croce*, il y a 8 solfatares, savoir :

La *Sartorio*, la plus étendue, qui a un champ de 12 hectares;

La *Palagonia*, formée d'une longue bande de terrain de 12 mètres environ de largeur;

La *Tiraino*, qui a de 1 hectare à 1h,20;

L'*Ansalone*, dont l'étendue est de $0^h,47$;
La *Giordano*, qui a environ 1 hectare;
La *Sociale*, qui a un peu moins de 2 hectares;
La *Romano* et la *Gonzales*, dont l'étendue n'est pas exactement connue, mais est faible.

A *Friddi*, il y a 7 solfatares : *Fiorentino*, *Sinatra* et *Peretta*, *Catalano*, *Rotolo*, *Sociale*, *Vicario*, *Giordano*.

Toutes sont très-peu étendues : la *Fiorentino* a $0^h,18$, la *Catalano* $0^h,49$.

A *Colle Madore*, il y a dix à douze mines très-petites, dont deux seulement sont en activité : l'*Orlando* de 1/4 d'hectare, la *Garofalo* de 1/2 hectare.

A *Colle Serio*, il n'y a plus qu'une mine en activité; elle a $2^h,62$.

En somme, il y a 18 solfatares en activité, savoir :

8 à *Colle Croce.*
7 à *Friddi.*
2 à *Colle Madore.*
1 à *Colle Serio.*

Quelques exploitants ou fermiers ont en main plusieurs mines; néanmoins chacune d'elles est travaillée indépendamment des autres, parce que la redevance payée aux propriétaires étant payée en nature, ceux-ci exigent que le minerai abattu dans leur propriété soit extrait directement par la galerie qui y donne accès. Quelques solfatares, telles que la *Sartorio*, *Ansalone*, *Piraino*, *Bongiovanni*, sont exploitées par les propriétaires, les autres sont exploitées par des fermiers.

Le prix des baux varie de 14 à 32 p. 100 du soufre produit, et le payement a lieu en nature. Le prix de 14 p. 100 s'applique aux mines à l'état de simples recherches; celui de 32 p. 100 est le prix maximum pour les mines déjà connues. Le prix moyen est de 20 p. 100.

La durée des baux ne dépasse jamais neuf ans.

On conçoit facilement qu'avec une aussi grande division de la propriété souterraine et des baux aussi courts, il soit impossible de faire les dépenses de premier établissement nécessaires pour organiser une exploitation régulière.

L'exploitation des mines de Lercara, comme de la plupart des mines siciliennes, se fait par galeries et piliers abandonnés, mais sans aucun ordre ni méthode. Quand il y a plusieurs étages d'exploitation, les piliers des étages supérieurs ne correspondent pas à ceux des étages inférieurs. Lorsque les eaux envahissent les parties

basses de la mine, on se reporte sur les anciens chantiers dont on affaiblit les piliers, quand on ne les enlève pas entièrement. Enfin, si les limites entre deux mines voisines sont incertaines, chacun des deux exploitants enlève tout le minerai qu'il peut prendre dans la zone contestée, sans se soucier de conserver quelque solidité aux travaux.

Les conséquences naturelles de cette manière d'opérer sont des éboulements plus ou moins considérables qui affectent tout ou partie des travaux, engloutissant fréquemment les ouvriers qui s'y trouvent.

Les premières explorations ont été faites à Lercara en 1830 sur le gîte de *Colle Serio*, et bientôt après sur ceux de *Colle Croce* et de *Madore*. Les recherches sur le gîte de *Friddi* commencèrent en 1846, mais l'exploitation n'atteignit quelque importance que huit ou neuf ans après.

Les travaux se développèrent rapidement, surtout à *Colle Croce*, par suite de la richesse du gisement.

Dans les années qui précédèrent 1860, l'exploitation fut très-active et la production atteignit son maximum en 1859. Mais les eaux devinrent un obstacle à l'approfondissement des travaux, et malgré l'établissement d'une petite machine à vapeur qui fut insuffisante, on dut se reporter sur les étages supérieurs dont on attaqua les piliers. A partir de cette époque on n'a plus eu à enregistrer qu'une série d'éboulements qui devinrent chaque jour plus fréquents.

En mars 1860, la solfatare *Romano* s'écroula et peu de jours après les solfatares *Sociale* et *Giordano* eurent le même sort, celle-ci en partie, celle-là entièrement. L'éboulement fut général; il s'étendit jusqu'à la solfatare *Sartorio* qui est à l'extrémité opposée du même groupe et produisit à la surface de vastes affaissements de terrain. Le puits d'épuisement de la *Romano* souffrit de graves dommages. Peu de mois après et pendant l'année 1861, les éboulements partiels continuèrent et atteignirent les chantiers de *Piraino*, de la *Sociale* et de *Palagonia*.

En 1862, nouvel éboulement le 20 octobre qui fit périr plusieurs ouvriers à *Sartorio* et à *Palagonia*, et auquel vint se joindre à *Ansalone* un incendie qui n'est pas encore éteint.

1863 à 1865. — Après ces éboulements, l'obstacle des eaux subsistant, la productivité du groupe de *Colle Croce* diminua et l'état des mines alla en empirant.

On suspendit pour la même raison, à cette époque, les travaux de *Colle Madore*.

En 1865, on établit une machine d'extraction et d'épuisement à Madore.

A la même époque, on exécutait la galerie d'écoulement de *Colle Serio* et l'on projetait celle des *Freddi*, longue de 500 à 600 mètres.

1866. — On persistait à *Colle Croce* à attaquer les piliers et les chantiers continuaient à tomber.

Le 12 juillet, un grand affaissement se manifesta à la superficie et correspondait à des éboulements successifs à *Giordano*, *Palagonia* et *Sartorio*. Le 6 décembre, les chantiers de *Caluso*, partie de la mine de *Sartorio* s'écroulèrent complétement. Un homme périt.

Une contestation s'étant élevée sur les limites des deux mines *Sociale* et *Piraino*, on travailla des deux parts avec acharnement sur la zone contestée; les travaux de l'une des exploitations pénétraient en plusieurs points sous celle de l'autre. L'administration dut interdire les travaux dans cette zone pour cause de sécurité publique.

Un cas semblable s'était présenté précédemment (en 1864) au *Friddi*.

1867 à 1871.—En 1867, les éboulements se produisirent aux *Fridd*, et à *Colle Serio*. Le 28 août, les travaux de *Bongiovanni* s'écroulèrent sans qu'on eût à déplorer d'accidents de personnes. Mais il y eut trois morts et deux blessés aux *Friddi* dans les éboulements qui eurent lieu à *Giordano* et à *Catalano* du 28 au 31 décembre.

Le 4 juin 1870, les chantiers extrêmes de *Sociale* et de *Romano* s'écroulèrent subitement et ensevelirent dix-neuf ouvriers. Les mouvements s'étendirent jusqu'à *Piraino* et *Ansalone*. Le 14 juin suivant, il y eut un éboulement à *Orlando* et à *Garofalo* (*Madore*).

En 1871, l'exploitation de *Colle Croce* était compromise à la fois par les eaux, l'incendie et les éboulements. Trois ouvriers y périrent.

1872 à 1874. — La machine d'épuisement de *Colle Croce* ayant été remise en activité en février 1872, la production augmenta rapidement et atteignit son maximum en 1873. Le 25 juin 1873, trois ouvriers périrent asphyxiés par l'acide sulfureux à la *Romano*.

Nouveaux éboulements à *Colle Serio*, *Colle Croce*, aux *Friddi*, à *Bongiovanni* (*Colle Serio*). Au commencement de 1874, une zone étendue s'écroula sur les limites de *Piraino, Ansalone, Palagonia*, et fit affaisser la superficie. Même accident le 29 mars aux *Friddi*.

Le nombre des ouvriers tués dans les mines de 1863 au 30

juin 1874 est de quarante et un, dont cinq de 1863 à 1869, trente-six de 1870 au 30 juin 1874.

En 1859, les mines produisaient 200.000 quintaux de soufre, ainsi répartis :

Colle Croce	150.000	quintaux.
Colle Madore	11.000	—
Friddi et Colle Serio	39.000	—
Total	200.000	quintaux.

Après 1860 la production tomba à 58.000 ou 59.000 quintaux Depuis 1846 la production augmenta quelque peu, pour atteindre son minimum en 1871. Elle se releva bientôt après et atteignit en 1873 255.000 quintaux, savoir :

Colle Croce	160.000	quintaux.
Colle Madore et *Colle Serio*	15.000	—
Friddi	80.000	—
Total	255.000	quintaux.

L'extraction se fait à dos par des enfants ou des jeunes gens. On compte que dans une solfatare profonde de 60 mètres, un manœuvre gagne en moyenne 1 L. 40 par jour et extrait 700 kilogrammes. On admet qu'à Lercara un piqueur produit 1.800 kilogrammes de minerai par jour. D'après ces bases, appelant H la profondeur des travaux, le nombre N de manœuvres nécessaires à un piqueur est donné par la formule

$$N' = \frac{3H}{70}.$$

Pour une production journalière P, exprimée en tonnes, le nombre de manœuvres est

$$N' = \frac{PH}{12},$$

et la dépense S pour l'extraction d'une tonne est

$$S = \frac{H}{30}.$$

De ces formules il résulte que dans le cas d'une profondeur moyenne de 70 mètres et d'une production annuelle de 22.000 tonnes de minerai, qui était à peu près celle de Lercara avant les derniers éboulements, le transport intérieur et l'extraction exigeaient environ 1.200 manœuvres et une dépense de plus de 500.000 lires.

Les inconvénients de l'extraction à dos sont nombreux :

1° Le coût de cette extraction, qui est la négation de l'art, est très-élevé et croît rapidement avec la profondeur.

2° Elle exige l'emploi d'un très-grand nombre de manœuvres, qui va en augmentant rapidement avec la profondeur des travaux, de sorte que la production est limitée par le nombre des ouvriers dont on dispose. Le mode d'extraction deviendra même à un certain moment pratiquement impossible.

3° L'extraction à dos est pénible, dangereuse et nuisible au développement physique des enfants employés à ce rude travail.

Elle est pénible, et faite par des enfants peu âgés elle est inhumaine. Elle est dangereuse, parce que dans les galeries inclinées, étroites et rapides, un bloc tombé des épaules de l'un des porteurs blesse ceux qui le suivent. Elle est nuisible, parce que ces pauvres enfants restant longtemps courbés sous la charge, contractent des infirmités qui, jointes à une fatigue exagérée, sont préjudiciables à leur développement physique. Un grand nombre d'entre eux, arrivés à l'âge de la conscription, sont exemptés du service militaire pour défauts et infirmités contractés dans l'exercice de leur métier.

4° On peut ajouter qu'elle exerce une fâcheuse influence morale sur ces enfants. Le pays de Lercara n'offrant pas un nombre suffisant de manœuvres, les piqueurs vont en rassembler ailleurs et se font marchands d'enfants. Sur une petite échelle, c'est une traite qui a quelque rapport avec celle des nègres.

En prohibant l'extraction à dos par les jeunes enfants au-dessous de quatorze ans, réduisant à six le nombre des heures de travail pour ceux qui ont moins de seize ans, on diminuera le nombre des manœuvres disponibles et l'on fera ainsi cesser plus tôt l'extraction à dos et avec elle l'irrégularité des travaux.

La commission propose en conséquence :

1° De prohiber le travail des enfants dans les mines, sans distinction de travaux souterrains ou au jour, à moins qu'ils n'aient atteint l'âge de douze ans;

2° De prohiber l'extraction à dos par des enfants de moins de quatorze ans;

3° De prescrire un jour de repos par six jours de travail pour tous les mineurs de vingt et un ans;

4° De prescrire, pour chaque jour de vingt-quatre heures, six heures seulement de travail pour les enfants au-dessous de seize ans et huit heures pour ceux de seize à vingt ans;

5° D'exclure les femmes des travaux souterrains;

6° D'exiger des directeurs de mines la tenue régulière d'un registre d'entrée et de sortie des ouvriers, avec l'indication de leur âge et de leur lieu de naissance;

7° De prescrire qu'à l'avenir nul ne pourra remplir les fonctions de directeur sans un certificat d'aptitude délivré par le sous-préfet ou sans un autre document équivalent;

8° De donner aux ingénieurs des mines des instructions pour que, par tous les moyens possibles, soit directs, soit indirects, ils tâchent de faire cesser le système d'extraction à dos, qui est la raison principale de la mauvaise conduite des travaux et est un grave obstacle au développement d'une exploitation régulière et bien conduite, et d'encourager les méthodes par remblais qui conviennent le plus, sous tous les rapports, aux gisements et aux conditions du groupe principal de Lercara;

9° De favoriser l'établissement des caisses d'épargne;

10° D'augmenter le personnel des ingénieurs du district de Caltanissetta.

(*Extrait par* M. CH. LEDOUX, *ingénieur des mines, d'un rapport adressé à M. le Ministre de l'agriculture, de l'industrie et du commerce du royaume d'Italie, par une commission sous la présidence de* M. GIUSEPPE BRUZZO.)

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME NEUVIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

Pages.

Note sur la région ferrifère des Ouelhassa; par M. *Pouyanne*. 81

Note sur la découverte de l'étain oxydé en Toscane; par M. *E. Charlon*. 119

Association du platine natif à des roches à base de péridot; imitation artificielle du platine natif, magnétipolaire; par M. *Daubrée*. 123

Mémoire sur les solfatares latérales des volcans dans la chaîne méridionale des Andes du Chili; par M. *Domeyko*. . . . 145

Rapport à M. le Ministre de la marine et des colonies sur la constitution géologique et les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie; par M. *Heurteau* (1re et 2e partie). . . 232

Rapport à M. le Ministre de la marine et des colonies sur la constitution géologique et les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie; par M. *Émile Heurteau* (3e partie). . 375

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Note sur l'emploi de l'acide sulfureux comme gaz réducteur dans le traitement par voie humide des minerais de cuivre, à l'usine d'Agordo; four de M. J. Zoppi; par M. *L. Mazzuoli*. 190

Mémoire sur la situation de la métallurgie du fer en Styrie et en Carinthie; par M. *Ed. Gruner* fils. 471

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

De l'exploitation hydraulique de l'or en Californie; par M. *Ed. Sauvage*. 1

Note sur un nouveau système de flotteur; par M. *Meugy*. . . 78

Pages.

Notice sur la machine à détente variable de M. Sulzer; par M. *Résal*. 221

OBJETS DIVERS.

Note sur l'emploi des rails d'acier; par M. *A. Bernard*. . . . 201

Causes de détérioration des chaudières à vapeur :

1° Note sur la corrosion des chaudières à vapeur par l'action de l'acide sulfurique qui se produit dans les dépôts laissés par les fumées sur leurs parois. 455

2° Analyse des comptes rendus des opérations de l'association belge pour la surveillance des appareils à vapeur, pour les années 1873 et 1874. 462

BULLETIN.

Statistique de l'industrie minérale de la France. Production des combustibles minéraux, des fontes, des fers, des tôles et des aciers pendant l'année 1875 :

I. Combustibles minéraux. 629

II. Industrie sidérurgique. 632

Statistique de la production des métaux précieux. 635

Statistique de l'industrie minérale de la Prusse pour l'année 1875. . . . 637

Extrait d'un rapport sur les conditions de sécurité des mines de Lercara (Sicile). 646

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME NEUVIÈME.

Pages.

Pl. I et Pl. II, *fig.* 1 à 7. Exploitation hydraulique de l'or en Californie. 1
Fig. 8 à 13. — Flotteur métallique, système *Chaudré;* tube agissant par torsion et commandé par hélice. 78
Fig. 8 et 9. Appareil placé verticalement. — *Fig.* 10 à 12. Appareil placé horizontalement. — *Fig.* 13. Appareil de démonstration : tube agissant par flexion. 78

Pl. III. — Carte géologique de la région ferrifère des Ouelhassa; arrondissement de Tlemcen, département d'Oran (Algérie). La carte et les coupes sont à l'échelle de $\frac{1}{100.000}$ 81

Pl. IV. — *Fig.* 1 à 6. Solfatares latérales des volcans dans la chaîne méridionale des Andes du Chili. 145
Fig. 7 à 11.—Four de M. J. Zoppi pour l'emploi de l'acide sulfureux comme gaz réducteur dans le traitement par voie humide des minerais de cuivre, à Agordo. 190

Pl. V et Pl. VI. — Machine à détente variable de M. Sulzer. 221

Pl. VII, VIII, IX et X. — Constitution géologique et richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie. 232

Pl. XI, XII, XIII et XIV. — Fabrication de la fonte en Styrie et en Carinthie. 471

Paris. — Imprimerie Arnous Rivière et Cᵉ, rue Racine, 26.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

DISSERTATION PRÉLIMINAIRE SUR L'HARMONIE DE LA THÉORIE ET DE LA PRATIQUE EN MÉCANIQUE VII

INTRODUCTION. — Définition des termes généraux et division du sujet. 1

Nos		Pages
1.	Mécanique.	IX
2.	Mécanique appliquée.	1
3.	Matière.	1
4.	Corps solides, liquides, gazeux	1
5.	Volume matériel ou physique.	1
6.	Surface matérielle ou physique. . . .	2
7.	Ligne, point, point physique, mesure des longueurs.	2
8.	Repos.	2
9.	Mouvement.	2
10.	Point fixe.	2
11.	Cinématique.	3
12.	Force.	3
13.	Équilibre.	3
14.	Statique et dynamique.	3
15.	Constructions et machines.	4
16.	Disposition générale du sujet.	4

PREMIÈRE PARTIE. — PRINCIPES DE STATIQUE.

CHAPITRE I. — ÉQUILIBRE ET MESURE DE FORCES AGISSANT SUIVANT UNE MÊME LIGNE DROITE.

Nos		Pages
17.	Manière de déterminer les forces. . .	5
18.	Lieu d'application. Point d'application.	5
19.	Hypothèse d'une rigidité parfaite. . .	6
20.	Direction. Ligne d'action.	6
21.	Grandeur. Unités de force.	6
22.	Résultante de forces agissant suivant une même ligne droite.	7
23.	Représentation des forces par des lignes.	7
24.	Pression.	8

CHAPITRE II. — THÉORIE DES COUPLES ET DE L'ÉQUILIBRE DES FORCES PARALLÈLES.

SECTION 1. — *Couples ayant même axe.*

Nos		Pages
25.	Couples.	9
26.	Force d'un couple. Bras de levier. . .	9
27.	Tendance d'un couple. Plan d'un couple. Couples de gauche à droite et couples de droite à gauche.	9
28.	Équivalence des couples de forces et de bras de levier égaux.	10
29.	Moment d'un couple.	10
30.	Addition de couples de même force. . .	10
31.	Équivalence de deux couples ayant même moment.	11
32.	Résultante de couples ayant même axe.	11
33.	Équilibre de couples ayant même axe.	12
34.	Représentation de couples par des lignes.	12

SECTION 2. — *Couples ayant des axes différents.*

Nos		Pages
35.	Résultante de deux couples ayant des axes différents.	12
36.	Équilibre de trois couples avec axes différents dans le même plan.	13
37.	Équilibre d'un nombre de couples quelconque.	13

SECTION 3. — *Forces parallèles.*

Nos		Pages
38.	Forces parallèles se faisant équilibre. .	14
39.	Équilibre de trois forces parallèles dans un même plan. Principe du levier. . .	15
40.	Résultante de deux forces parallèles. .	16
41.	Résultante d'un couple et d'une force unique situés dans des plans parallèles.	16
42.	Moment d'une force par rapport à une droite.	16
43.	Équilibre d'un système quelconque de forces parallèles situées dans un plan.	17
44.	Résultante de forces parallèles en nombre quelconque situées dans un plan.	18

Nos — Pages

45. Moments d'une force par rapport à deux axes rectangulaires. 18
46. Équilibre d'un système de forces parallèles. 19
47. Résultante de forces parallèles en nombre quelconque. 20

SECTION 4. — *Centre de forces parallèles.*

48. Centre d'un système de deux forces parallèles. 21
49. Centre d'un système quelconque de forces parallèles. 21
50. Coordonnées du centre de forces parallèles. 22

CHAPITRE III. — ÉQUILIBRE DE FORCES NON PARALLÈLES.

SECTION 1. — *Forces non parallèles appliquées à un point.*

51. Parallélogramme des forces. 24
52. Équilibre de trois forces situées dans un plan. 25
53. Équilibre d'un système quelconque de forces. 25
54. Parallélipipède des forces. 26
55. Décomposition d'une force en deux composantes. 26
56. Décomposition d'une force en trois composantes. 27
57. Composantes rectangulaires. 27

SECTION 2. — *Forces non parallèles appliquées à un système de points.*

58. Forces agissant dans un plan. Solution graphique. . . . . [illegible]
59. Forces agissant dans un plan. Emploi de coordonnées rectangulaires. . . . 29
60. Système quelconque de forces. 31

CHAPITRE IV. — PROJECTIONS PARALLÈLES EN STATIQUE.

61. Définition de la projection parallèle d'une figure. 35
62. Propriétés géométriques des projections parallèles. 35
63. Application aux forces parallèles. . . 36
64. Application au centre de forces parallèles 37
65. Application aux forces agissant en un même point.. 37
66. Application à un système de forces quelconque. 37

CHAPITRE V. — DES FORCES RÉPARTIES.

67. Restriction apportée au sujet. 38
68. Intensité d'une force répartie. 38

SECTION 1. — *Poids, centres de gravité.*

69. Poids spécifique. 39
70. Centre de gravité. 39
71. Centre de gravité d'un corps homogène qui a un centre de figure. 40
72. Corps ayant des plans ou des axes de symétrie. 40
73. Système de corps symétriques. 41
74. Corps homogènes de forme quelconque. 42
75. Centre de gravité trouvé par addition. . 44
76. Centre de gravité trouvé par différence. 44
77. Centre de gravité modifié par transposition. 45
78. Centre de gravité de prismes et de plaques planes.. 45
79. Corps offrant des sections transversales semblables. 47
80. Tige courbe. 48
81. Intégrales obtenues approximativement. 49
82. Centre de gravité trouvé par projection. 53
83. Exemples de centres de gravité. . . . 55
84. Corps homogène. 60
85. Détermination expérimentale des centres de gravité. 60

SECTION 2. — *Actions moléculaires, leurs résultantes et leurs centres.*

86. Actions moléculaires, leur nature et leur intensité. 61
87. Différentes espèces d'actions moléculaires. 61
88. Résultante d'actions moléculaires; sa grandeur. 62
89. Centre d'actions moléculaires ou de pression. 63
90. Centre d'actions moléculaires uniformes. 66
91. Moment d'actions moléculaires variant d'une façon uniforme. 66
92. Moment d'actions moléculaires de flexion. 69
93. Moment d'actions moléculaires de torsion. 70
94. Centre d'actions moléculaires qui varient d'une façon uniforme. 70
95. Moments d'inertie d'une surface. . . . 71

SECTION 3. — *Actions moléculaires intérieures, leur composition et leur décomposition.*

96. Actions moléculaires intérieures en général. 73

Nos — Pages

97. Actions moléculaires simples, leur intensité normale. 78
98. Actions moléculaires simples rapportées à un plan oblique. 79
99. Décomposition d'actions moléculaires obliques en composantes mormale et tangentielle. 79
100. Actions moléculaires composées. . . . 80
101. Actions moléculaires conjuguées deux à deux. 80
102. Trois résultantes d'actions moléculaires conjuguées entre elles. 81
103. Plans d'actions moléculaires tranchantes ou tangentielles égales. . . 83
104. Actions moléculaires sur trois plans rectangulaires. 85
105. Tétraèdre d'actions moléculaires. . . 86
106. Transformation d'actions moléculaires. 88
107. Axes principaux d'actions moléculaires. 90
108. Actions moléculaires parallèles à un plan. 92
109. Axes principaux d'actions moléculaires parallèles à un plan. 96
110. Actions moléculaires principales égales. Pression d'un fluide. 97
111. Actions moléculaires principales opposées. 99
112. Ellipse d'actions moléculaires. Problèmes. 100
113. Combinaison d'actions moléculaires dans un plan. 109

SECTION 4. — *Équilibre intérieur entre les actions moléculaires et le poids, et principes d'hydrostatique.*

114. Actions moléculaires intérieures non uniformes. 112
115. Causes des variations des actions moléculaires. 113
116. Problème général de l'équilibre intérieur. 113
117. Équilibre des fluides. 116
118. Équilibre d'un liquide. 119
119. Équilibre de différents liquides en contact les uns avec les autres. . . 120
120. Équilibre d'un corps flottant. 121
121. Pression sur un corps immergé. . . . 124
122. Poids apparent. 125
123. Poids spécifiques relatifs. 126
124. Pression sur une surface plane immergée. 128
125. Pression dans un corps solide indéfini incliné d'une façon uniforme. . . . 129
126. Projections parallèles des actions moléculaires et des poids. 131

CHAPITRE VI. — DE L'ÉQUILIBRE STABLE ET INSTABLE.

127. Équilibre stable et instable d'un corps libre. 132
128. Stabilité d'un corps qui n'est pas libre. 132

DEUXIÈME PARTIE. — THÉORIE DES CONSTRUCTIONS.

CHAPITRE I. — DÉFINITIONS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX.

129. Constructions. Parties et joints des constructions. 133
130. Supports et fondations. 135
131. Conditions d'équilibre d'une construction. 136
132. Stabilité, résistance et raideur. . . . 136

CHAPITRE II. — STABILITÉ.

133. Résultante de la grosse charge. . . . 138
134. Centre de résistance d'un joint. . . . 138
135. Courbe de résistance. 138
136. Nature des joints. 138

SECTION 1. — *Équilibre et stabilité des frames.*

137. Frame. 139
138. Tirant. 140
139. Étrésillon ou bracon. 141
140. Poids d'une barre. 141
141. Poutre soumise à l'action de forces parallèles. 141
142. Poutre soumise à l'action de forces inclinées 142
143. Charge supportée par trois forces parallèles. 143
144. Charge supportée par trois forces inclinées. 144
145. Frame de deux bancs. Équilibre. . . 144
146 Stabilité d'un frame de deux barres. 145
147. Charges réparties. 145
148. Frame triangulaire. 146
149. Frame triangulaire soumis à l'action de forces parallèles 147
150. Frame polygonal. Équilibre. 148
151. Frame polygonal ouvert. 149
152. Frame polygonal. Stabilité. 149
153. Frame polygonal soumis à l'action de forces parallèles. 150

Nos		Pages
154.	Frame polygonal ouvert soumis à l'action de forces parallèles. . . .	151
155.	Frames munis de liens.	152
156.	Rigidité d'une ferme.	154
157.	Variation de la charge sur une ferme.	155
158.	Barre commune à plusieurs frames. .	155
159.	Fermes du second ordre. Exemple de toitures.	158
160.	Fermes composées.	161
161.	Résistance d'un frame en une de ses sections.	162
162.	Poutre à demi-treillis.	166
163.	Poutre à demi-treillis. Charge uniforme.	170
164.	Poutre à treillis. Charge quelconque.	174
165.	Poutre à treillis. Charge uniforme. .	175
166.	Transformation des frames.	176

Section 2. — *Équilibre des chaînes, des cordes et arcs linéaires.*

167.	Équilibre d'une corde.	177
168.	Corde soumise à l'action de charges parallèles.	179
169.	Corde soumise à l'action d'une charge verticale uniforme.	180
170.	Pont suspendu avec tiges verticales.	184
171.	Tirant flexible.	185
172.	Pont suspendu avec tiges inclinées. .	187
173.	Extrados et intrados.	190
174.	Corde avec extrados horizontal. . . .	192
175.	Chaînette.	194
176.	Centre de gravité d'une construction flexible.	198
177.	Transformation de cordes et de chaînes.	198
178.	Arcs linéaires.	200
179.	Arc circulaire correspondant à une pression de fluide uniforme.	201
180.	Arcs elliptiques correspondant à des pressions uniformes.	203
181.	Arc elliptique déformé.	205
182.	Arc soumis à une pression normale en général.	208
183.	Arc hydrostatique.	209
184.	Arc géostatique.	216
185.	Arc stéréostatique.	219
186.	Arcs en ogive.	225
187.	Poussée conjuguée totale des arcs linéaires.	225
188.	Arcs hydrostatiques et géostatiques approchés.	229

Section 3. — *Stabilité due au frottement.*

189.	Frottement.	232
190.	Loi du frottement des corps solides.	232
191.	Angle de frottement.	233
192.	Tableau de coefficients et d'angles de frottement.	234
193.	Stabilité des joints plans due au frottement.	235
194.	Stabilité des terres due au frottement.	236
195.	Massif de terre terminé par une surface plane.	237
196.	Principe de moindre résistance. . . .	239
197.	Terres soumises à l'action de leur propre poids.	239
198.	Pression des terres contre un plan vertical.	240
199.	Fondation en terre supportant une construction.	243
200.	Puissance de résistance des terres à la poussée.	245
201.	Tableau donnant des exemples. . . .	[illegible]
202.	Ténacité due au frottement ou liaison dans les ouvrages en maçonnerie et en briques.	246
203.	Frottement des vis, des clavettes et des coins.	[illegible]
204.	Frottement au départ, frottement pendant le mouvement.	252

Section 4. — *Stabilité des butées et des voûtes.*

205.	Stabilité sur un joint plan.	254
206.	Stabilité d'un ensemble de blocs, courbe de résistance, courbe des pressions.	256
207.	Analogie entre les ouvrages formés de blocs et les frame-works. . . .	257
208.	Transformations des constructions formées de blocs.	259
209.	Stabilité due au frottement dans le cas d'une construction transformée.	
210.	Construction qui n'est pas soumise à l'action d'une pression latérale. . .	260
211.	Moment de stabilité.	260
212.	Classement des butées.	262
213.	Piliers en général.	263
214.	Pilier rectangulaire.	265
215.	Tours et cheminées.	267
216.	Digues et murs de réservoir	271
217.	Murs de soutènement en général. . .	274
218.	Murs de soutènement à section rectangulaire.	281
219.	Murs à section trapéziforme.	283
220.	Murs d'épaisseur uniforme avec fruit.	283
221.	Assises des murs de soutènement en contact avec la fondation.	[illegible]
222.	Contre-forts.	[illegible]
223.	Voûtes en maçonnerie.	[illegible]
224.	Courbe des pressions dans une voûte; condition de stabilité.	[illegible]
225.	Angle, joint et point de rupture. . .	289
226.	Poussée d'une voûte en maçonnerie. .	291
227.	Culées.	291
228.	Voûtes biaises.	292
229.	Voûtes d'arête.	293
230.	Voûtes rayonnantes.	294
231.	Piles.	294
232.	Piles et culées ouvertes et évidées. .	294
233.	Tunnels.	295

Nos		Pages
234.	Dômes	296
235.	Résistance des culées et des voûtes	300
235. A.	Transformation des constructions en maçonnerie	300

Chapitre III. — Résistance et raideur.

Section 1. — *Résumé de la théorie de l'élasticité appliquée à la résistance et à la raideur.*

236. Théorie de l'élasticité. 302
237. Définition de l'élasticité. 302
238. Force élastique, ou actions moléculaires. 302
239. Élasticité des fluides. 303
240. Élasticité des liquides. 303
241. Rigidité ou raideur. 304
242. Déformation et rupture. 304
243. Élasticité parfaite et imparfaite. Plasticité. 305
244. Résistance extrême. Résistance d'épreuve. Déformation. Raideur. Ressort. 306
245. Détermination de la résist. d'épreuve. 307
246. Actions moléculaires du travail ordinaire. 307
247. Coefficients de sécurité. 307
248. Division de la théorie mathématique de l'élasticité. 308
249. Décomposition et composition des déformations. 309
250. Déplacements. 310
251. Analogie entre les déformations et les actions moléculaires. 310
252. Énergie potentielle d'élasticité. . . . 311
253. Coefficients d'élasticité. 311
254. Coefficients de souplesse. 312
255. Axes d'élasticité. 312
256. Solide isotrope. 313
257. Module d'élasticité. 313
258. Exemples de coefficients. 314
259. Problème général de l'équilibre intérieur d'un corps solide élastique. . 314

Section 2. — *Relations entre les actions moléculaires et les déformations.*

260. Ellipse de déformation. 315
261. Ellipsoïde de déformation. 319
262. Élasticité transversale d'une substance isotrope. 319
263. Élasticité cubique. 321
264 Élasticité des fluides. 322

Section 3. — *Résistance à l'allongement et à la déchirure.*

265. Raideur et résistance d'un tirant. . . 322
266. Ressort d'un tirant. Module du ressort. 323
267. Effet d'une tension brusque. 324
268. Tableau de résistance de matériaux à l'allongement et à la déchirure. (Voir l'appendice.)
269. Données complémentaires. — Joint soudé. — Câbles en fils de fer. — Câbles en chanvre. — Courroies en cuir. — Chaînes. 325
270. Résistance de joints rivés. 325
271. Enveloppe cylindrique mince. — Chaudières. — Tuyaux. 326
272. Enveloppe sphérique mince. 327
273. Enveloppe cylindrique épaisse. . . . 328
274. Cylindre composé d'anneaux déformés. 332
275. Enveloppe sphérique épaisse. 335
276. Entretoises des chaudières. 335
277. Tige de suspension de résistance uniforme. 336

Section 4. — *Résistance à l'effort tranchant.*

278. Condition d'intensité uniforme. . . . 337
279. Tableau de résistance de matériaux aux efforts tranchants et à la distorsion. (Voir appendice.)
280. Économie de matière pour les boulons et les rivets. 339
281. Attache des tirants en bois 342

Section 5. — *Résistance à la compression directe et à l'allongement.*

282. Résistance à la compression. 343
283. Modes d'écrasement. Les corps se fendent, se rompent par cisaillement, se dilatent, se plissent, se brisent en fléchissant. 343
284. Tableau de résistance de matériaux à l'écrasement par compression directe. (Voir appendice.)
285. Inégalité de répartition de la pression. 345
286. Limite d'application des formules précédentes. 347
287. Écrasement et aplatissement des tubes. 347

Section 6. — *Résistance à la flexion et à la rupture correspondante.*

288. Effort tranchant et moment fléchissant en général. 350
289. Poutres fixées ou encastrées à une de leurs extrémités seulement. 351
290. Poutres reposant à leurs deux extrémités. 352
291. Moments de flexion en fonction de la charge et de la longueur. 353
292. Moment uniforme de flexion 354
293. Résistance à la flexion. 354
294. Résistance transversale 357
295. Résistance à la flexion en fonction de la hauteur et de la longueur. 359

Nos		Pages
296.	Tableau de résistance de matériaux à la rupture par flexion.	360
297.	Poutres en fonte	360
298.	Profil d'égale résistance pour des poutres en fonte	362
299.	Poutres d'égale résistance	364
300.	Flèche d'épreuve des poutres	365
301.	Détermination de la flèche par une construction graphique	370
302.	Rapport entre la plus grande hauteur d'une poutre et sa portée	371
303.	Tangente de l'angle d'inclinaison, et flèche d'une poutre sous une charge quelconque	372
304.	Flèche dans le cas d'un moment uniforme	374
305.	Ressort d'une poutre	375
306.	Charge transversale appliquée brusquement	377
307.	Poutre fixée à ses deux extrémités	377
308.	Poutre reposant à ses deux extrémités et fixée en l'une d'elles	384
309.	Actions moléculaires tranchantes dans les poutres	384
310.	Courbes des actions moléculaires principales dans les poutres	387
311.	Actions moléculaires verticales directes	389
312.	Influence très-faible des actions moléculaires tranchantes sur la flèche	389
313.	Poutre soumise à l'action d'une charge partielle	391
314.	Introduction du poids de la poutre dans les formules	394
315.	Longueur-limite d'une poutre	395
316.	Poutre inclinée	396
317.	Poutre primitivement courbe	397
318.	Dilatation et contraction des poutres de grande longueur	397
319.	Courbe élastique	398
319.	A. Arc hydrostatique	401

Section 7. — *Résistance à la torsion et à la rupture par torsion.*

Nos		Pages
320.	Moment de torsion	402
321.	Résistance d'une tige cylindrique	402
322.	Angle de torsion d'une tige cylindrique	405
323.	Ressort d'une tige cylindrique	407
324.	Tiges dont la section n'est pas circulaire	407
325.	Combinaison d'une torsion et d'une flexion. — Manivelle et essieu	407
326.	Dents des roues d'engrenage	409

Section 8. — *Écrasement résultant de flexion*

Nos		Pages
327.	Remarques préliminaires	410
328.	Résistance des piliers et des étrésillons en fer	410
329.	Tiges de connexion. — Tiges de piston	413
330.	Comparaison de la fonte et du fer	413
331.	Formules de M. Hodgkinson pour la résistance extrême des piliers en fonte	413
332.	Frameworks en fer	414
333.	Cellules en fer	415
334	Côtés des poutres en tôle	415
335.	Poteaux et étrésillons en fer	415

Section 9. — *Poutres armées, frameworks et ponts.*

Nos		Pages
336.	Poutres armées en général	416
337.	Poutres en tôle	417
338.	Poutres à treillis et poutres à demi-treillis	420
339,	Poutre en bowstring	421
340.	Ponts suspendus rendus rigides	422
341.	Arcs en fer ou en bois	426

Section 10. — *Différentes remarques sur la résistance et la rigidité.*

Nos		Pages
342.	Effet de la température	429
343.	Effet d'une fusion souvent répétée sur la fonte	430
344.	Effets de la ductilité	430
345.	Frottement intérieur	430
346.	Remarques sur la résistance et la raideur	431

TROISIÈME PARTIE.

PRINCIPES DE LA CINÉMATIQUE OU DE LA COMPARAISON DES MOUVEMENTS.

347.	Division du sujet	433

Chapitre I. — Mouvements de points.

Section 1. — *Mouvement de deux points.*

348.	Directions fixes et presque fixes	434
349.	Mouvement de deux points	435
350.	Point fixe et point mobile	436
351.	Mouvements composants et résultants	436
352.	Mesure du temps	436
353.	Vitesse uniforme	437
354.	Mouvement uniforme	438

Section 2. — *Mouvement uniforme de plusieurs points.*

355.	Mouvement de trois points	438
356.	Mouvement d'une série de points	439
357.	Parallélipipède des mouvements	439
358.	Mouvement comparé	440

Nos Pages

SECTION 3. — *Mouvement varié de points.*

359. Vitesse et direction du mouvement varié 441
360. Composantes du mouvement varié. . . 442
361. Vitesse uniformément variée. 442
362. Accélération variée. 443
363. Déviation uniforme. 443
364. Déviation variable. 444
365. Taux de la variation résultante. . . . 444
366. Accélérations des mouvements composants. 445
367. Comparaison de mouvements variés. 445

CHAPITRE II. — MOUVEMENTS DES SOLIDES INVARIABLES.

SECTION 1. — *Solides invariables, leurs mouvements de translation.*

368. Solide invariable. 446
369. Translation. 446

SECTION 2. — *Rotation simple.*

370. Rotation. 446
371. Axe de rotation. 446
372. Plan de rotation. Angle de rotation. . 447
373. Vitesse angulaire. 447
374. Mouvement de rotation uniforme. . . 448
375. Rotation commune à toutes les parties du corps. 448
376. Rotation de gauche à droite et de droite à gauche. 448
377. Mouvement relatif de deux points d'un corps animé d'un mouvement de rotation. 448
378. Surfaces cylindriques d'égale vitesse. 449
379. Comparaison entre les mouvements de deux points par rapport à un axe. 449
380. Composantes de la vitesse d'un point d'un solide invariable animé d'un mouvement de rotation. 450

SECTION 3. — *Combinaison de rotations et de translations.*

381. Propriétés communes à tous les mouvements des solides invariables. . . 450
382. Mouvement hélicoïdal. 451
383. Mouvement d'un solide invariable déduit des mouvements de trois de ses points. 452
384. Examen de quelques cas particuliers. 453
385. Combinaison d'une rotation et d'une translation dans le même plan. . . 454
386 Roulement d'un cylindre. Cycloïde. . 455
387. Roulement d'un plan sur un cylindre. Trajectoires spirales. 456
388. Combinaison de rotations parallèles. 457
389. Roulement d'un cylindre sur un cylindre. Épicycloïde. 458
390. Courbure des épicycloïdes. 459
391. Combinaison de rotations parallèles égales et de sens contraires. 462
392. Combinaison de rotations autour d'axes concourants. 462
393. Roulement de cônes. 463
394. Analogie entre les rotations et les forces uniques. 464
395. Comparaison des mouvements dans une rotation composée. 465

SECTION 4. — *Mouvement de rotation varié.*

396. Variation de la vitesse angulaire. . . 465
397. Changement de l'axe de rotation. . . . 466
398. Composantes d'une rotation variée. 466

CHAPITRE III. — MOUVEMENTS DES CORPS FLEXIBLES ET DES FLUIDES.

399. Division du sujet. 468

SECTION 1. — *Mouvements des corps flexibles.*

400. Principes généraux. 468
401. Classification des mouvements. . . . 469
402. Corde guidée par des surfaces de révolution. 469

SECTION 2. — *Mouvements de fluides de densité constante.*

403. Vitesse et dépense. 470
404. Principe de continuité. 471
405. Dépense dans le cas d'un cours d'eau. 472
406. Tuyaux, canaux, courants et jets. . . 472
407. Courant rayonnant. 473
408. Remous ou tourbillon. 473
409. Mouvement permanent. 473
410. Mouvement qui n'est pas permanent. 474
411. Mouvement d'un piston. 474
412. Équations différentielles générales de continuité. 475
413. Équations différentielles générales dans le cas d'un mouvement permanent. 476
414. Équations différentielles générales dans le cas d'un mouvement non permanent. 477
415. Équations du déplacement. 477
416. Ondulation. 478
417. Oscillation. 478

SECTION 3. — *Mouvements de fluides de densité variable*

418. Dépense en volume et dépense en masse. 479
419. Principe de continuité. 479

Nos		Pages
420.	Écoulement	480
421.	Mouvement permanent	481
422.	Pistons et cylindres	482
423.	Équations différentielles générales	482
424.	Mouvements des corps reliés entre eux	484

QUATRIÈME PARTIE. — THÉORIE DES MÉCANISMES.

Chapitre I. — Définitions et principes généraux.

425.	Définition de la théorie des mécanismes purs	485
426.	Problème général des mécanismes	486
427.	Bâti; pièces en mouvement; pièces de liaison	486
428.	Coussinets	487
429.	Mouvements des pièces principales	487
430.	Mouvements des pièces secondaires	[illegible]
431.	Combinaison élémentaire	[illegible]
432.	Ligne de liaison	[illegible]
433.	Principe de liaison	[illegible]
434.	Changements dans la vitesse	[illegible]
435.	Train de mécanismes	[illegible]
436.	Assemblage de combinaisons	[illegible]

Chapitre II. — Combinaisons élémentaires et trains de mécanismes.

Section 1. — *Contact de roulement.*

437.	Surfaces primitives	490
438.	Roues unies. Galets. Crémaillères unies	490
439.	Conditions générales du contact de roulement	490
440.	Roues cylindriques circulaires	491
441.	Crémaillère droite et roue cylindrique	492
442.	Roues coniques	492
443.	Roues non circulaires	493

Section 2. — *Contact de glissement.*

444.	Engrenage hyperboloïde	495
445.	Roues cannelées	497
446.	Roues dentées	497
447.	Pas et nombre de dents	498
448.	Dent supplémentaire	500
449.	Train de roues dentées	500
450.	Principe du contact de glissement	502
451.	Dents des roues cylindriques et des crémaillères. Principe général	504
452.	Dents décrites par des courbes roulantes	505
453.	Glissement de deux dents l'une sur l'autre	506
454.	Arc de contact sur les lignes primitives	507
455.	Longueur d'une dent	507
456.	Engrenage intérieur	508
457.	Dents à développante de cercle pour roues circulaires	509
458.	Glissement des dents à développante de cercle	510
459.	Saillie des dents à développante	511
460.	Plus petit pignon avec dents à développante de cercle	511
461.	Dents à profil épicycloïdal	512
462.	Saillie des dents à profil épicycloïdal	513
462.	A. Glissement des dents à profil épicycloïdal	513
463.	Dents à profil épicycloïdal approché	514
464.	Dents d'une roue et d'une lanterne	515
465.	Dimension des dents	515
466.	Méthode de M. Sang	516
467.	Roues coniques	516
468.	Dents d'un engrenage hyperboloïde	517
469.	Dents des roues non circulaires	518
470.	Came	518
471.	Vis. Pas	[illegible]
472.	Pas normal et circulaire	519
473.	Engrenage à vis	520
474.	Engrenage de Hooke	[illegible]
475	Roue et vis	521
476.	Glissement relatif de deux vis	522
477.	Joint d'Oldham	523

Section 3. — *Transmission par lien flexible.*

478.	Classification des liens flexibles	[illegible]
479.	Principes de transmission par lien flexible	524
480.	Surface primitive d'une poulie ou d'un tambour	525
481.	Tambours et poulies circulaires	525
482.	Longueur d'une courroie sans fin	526
483.	Cônes de vitesse	527

Section 4. — *Transmission par un lien rigide.*

484.	Définitions	529
485.	Principes de liaison	529
486.	Points morts	529
487.	Accouplement d'axes parallèles	[illegible]
488.	Mouvement composé des points reliés	530
489.	Excentrique	532
490.	Course	532
491.	Joint universel de Hooke	532
492.	Double joint de Hooke	533
493.	Cliquet	534

Section 5. — *Transmission au moyen d'une corde à plusieurs brins.*

494.	Définitions	534

Nos — Pages

495. Rapport entre les vitesses. 535
496. Vitesse d'un brin quelconque. . . . 535
497. Palan de White. 536

SECTION 6. — *Transmission hydraulique.*

498. Principe général. 535

499. Valves, pompes, cylindre travaillant. 536
500. Presse hydraulique. 536
501. Grue hydraulique pour l'élévation des fardeaux. 537

SECTION 7. — *Trains de mécanisme.*

502. Trains de combinaisons élémentaires. 537

CHAPITRE III. — ASSEMBLAGE DE COMBINAISONS.

503. Principes généraux. 538
504. Treuil différentiel. 539
505. Vis différentielle. 539
506. Mouvement de la coulisse. 540
507. Mouvements rectilignes. 541
508. Trains épicycloïdaux. 546

CINQUIÈME PARTIE. — PRINCIPES DE DYNAMIQUE.

509. Division du sujet. 547

CHAPITRE I. — MOUVEMENT UNIFORME SOUS L'ACTION DE FORCES SE FAISANT ÉQUILIBRE.

510. Première loi du mouvement. 549
511. Effort. Résistance. Force latérale. . 550
512. Conditions du mouvement uniforme. . 550
513. Travail. 550
514. Énergie. 550
515. Énergie et travail de forces variables. 551
516. Dynamomètre ou indicateur. 551
517. Énergie et travail de la pression d'un fluide. 551
518. Conservation de l'énergie. 552
519. Principe des vitesses virtuelles. 553
520. Énergie des forces et mouvements composants. 554

CHAPITRE II. — MOUVEMENT DE TRANSLATION VARIÉ DE POINTS ET DE SOLIDES INVARIABLES.

SECTION 1. — *Définitions.*

521. Masse ou inertie. 556
522. Centre de masse. 557
523. Quantité de mouvement d'un corps. . 557
524. Quantité de mouvement résultante. . 557
525. Variation et déviation de quantité de mouvement. 558
526. Impulsion. 558
527. Impulsions accélératrice, retardatrice déviatrice. 558
528. Relations entre l'impulsion, l'énergie et le travail. 558

SECTION 2. — *Loi d'un mouvement de translation varié.*

529. Deuxième loi du mouvement. 559
530. Équations générales de la dynamique 559
531. Masse en fonction du poids. 560
532. Unité absolue de force. 561
533. Mouvement d'un corps qui tombe. . 562
534. Projectile qui se meut sans rencontrer de résistance. 563
535. Mouvement d'un corps le long d'une trajectoire inclinée. 564
536. Effort ou résistance uniformes. . . . 566
537. Force déviatrice. 567
538. Force centrifuge. 568
539. Pendule conique. 568
540. Expression de la force déviatrice en fonction de la vitesse angulaire. . . 568
541. Composantes rectangulaires d'une force déviatrice. 569
542. Oscillation rectiligne. 570
543. Oscillations ou mouvements de révolution elliptiques. 572
544. Pendule simple oscillant. 573
545. Pendule cycloïdal. 574
546. Forces restantes. 575

SECTION 3. — *Transformation de l'énergie.*

547. Énergie actuelle. 576
548. Composantes de l'énergie actuelle. . . 577
549. Énergie du mouvement varié. 577
550. Énergie emmagasinée et restituée. . . 578
551. Transformation de l'énergie. 579
552. Conservation de l'énergie dans le mouvement varié. 579
553. Mouvement périodique. 579
554. Mesures d'une force non équilibrée. . 580

Nos — Pages

555. Énergie due à une force oblique. . . 580
556. Force alternative. 581
557. Énergie totale. Énergie initiale. . . . 581

SECTION 4. — *Mouvement de translation varié d'un système de corps.*

558. Conservation de la quantité de mouvement. 583
559. Mouvement du centre de gravité. . . 584
560. Moment de la quantité de mouvement 584
561. Impulsion angulaire. 585
562. Relations entre l'impulsion angulaire et le moment de la quantité de mouvement. 585
563. Conservation du moment de la quantité de mouvement. 585
564. Énergie actuelle d'un système de corps. 586
565. Conservation de l'énergie intérieure. Loi. 588
566. Choc. 588
567. Action de forces extérieures non équilibrées. 591
568. Détermination des forces intérieures. 592
569. Forces extérieures restantes. 593

CHAPITRE III. — ROTATION DES SOLIDES INVARIABLES.

570. Mouvement d'un solide invariable en général. 594

SECTION 1. — *Moments d'inertie, rayon de giration, moments de déviation et centre de percussion.*

571. Moment d'inertie. 595
572. Moment d'inertie d'un système de points physiques. 596
573. Moment d'inertie d'un solide invariable 596
574. Rayon de giration. 596
575. Composantes du moment d'inertie. . 597
576. Comparaison entre les moments d'inertie autour d'axes parallèles. 597
577. Combinaison de moments d'inertie. . 599
578. Tableau de moments d'inertie et de rayons de giration. 599
579. Moments d'inertie trouvés par décomposition et soustraction 601
580. Moments d'inertie trouvés par transformation. 601
581. Centre de percussion. 602
582. Centre de percussion n'existant pas. . 604
583. Moments d'inertie autour d'axes inclinés. 606
584. Axes d'inertie principaux. 606
585. Ellipsoïde d'inertie. 609
586. Moment de déviation resultant. . . . 611

SECTION 2. — *Mouvement de rotation uniforme.*

587. Quantité de mouvement. 615
588. Moment de la quantité de mouvement. [illegible]
589. Énergie actuelle de rotation. . . . . [illegible]
590. Corps tournant librement. 617
591. Mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe. 619
592. Couple de déviation. Couple centrifuge. 621
593. Énergie et travail de couples. 622

SECTION 3. — *Mouvement de rotation varié.*

594. Loi du mouvement de rotation varié. 625
595. Mouvement de rotation varié autour d'un axe fixe. 625
596. Analogie entre les mouvements variés de translation et de rotation. . . . 626
597. Variation uniforme. 627
598. Mouvement de giration ou oscillation angulaire. 628
599. Force unique. 629

SECTION 4. — *Combinaison de mouvements de rotation et de translation variés.*

600. Principes généraux. 629
601. Propriétés du centre de percussion. . 630
602. Axe fixe. 631
603. Force déviatrice. 632
604. Pendule composé. 632
605. Pendule conique composé. 633
606. Pendule qui tourne. 634
607. Pendule balistique. 635

CHAPITRE IV. — MOUVEMENTS DES CORPS FLEXIBLES.

608. Nature du sujet. Vibrations. 639
609. Vibrations isochrones. 640
610. Vibrations d'une masse supportée par un ressort léger. 642
611. Superposition de petits mouvements. . 643
612. Vibrations non isochrones. 644
613. Vibrations d'un corps élastique en général. 645
614. Ondulations vibratoires. 650
615. Vitesse du son. 651
616. Choc et pression. Battage des pieux. 653

Chapitre V. — Mouvements des fluides. — Hydrodynamique.

Nos — Pages

617. Division du sujet. 656

Section 1. — *Mouvements de liquides sans frottement.*

618. Équations générales. 656
619. Charge dynamique. 658
620. Équations générales de la dynamique en fonction de la charge dynamique. 659
621. Loi de la charge dynamique pour le mouvement permanent. 659
622. Énergie totale. 660
623. Surface libre. 660
624. Surface d'égale pression. 661
625. Mouvement par tranches planes. . . 661
626. Veine contractée. 663
627. Orifices verticaux. 664
628. Surfaces d'égale charge. 664
629. Courant rayonnant. 665
630. Tourbillon circulaire libre. 666
631. Tourbillon spiral libre. 667
632. Tourbillon forcé. 668
633. Tourbillon composé. 668
634. Révolution dans un plan vertical. . . 670
634 A. Mouvement de l'eau dans les ondes. 671

Section 2. — *Mouvements des gaz sans frottement.*

635. Charge dynamique dans les gaz. . . 674
636. Équation de continuité pour un régime permanent d'écoulement de gaz. . . 677
637. Écoulement d'un gaz par un orifice. . 677
637 A. Dépense maximum d'un gaz. . . . 679

Section 3. — *Mouvements des liquides sans frottement.*

638. Lois générales du frottement des fluides. 681
639. Frottement intérieur des fluides. . . . 682
640. Frottement dans le cas d'un courant uniforme. 682
641. Courant à mouvement varié. 684
642. Frottement dans un tuyau plein. . . 685
643. Résistance des ajutages. 686
644. Résistance des courbes et des coudes. 686
645. Élargissement brusque. 687
646. Problème général. 687

Section 4. — *Écoulement des liquides avec frottement.*

647. Loi générale. 688

Section 5.—*Pression mutuelle des fluides et des solides.*

648. Pression d'un jet contre une surface fixe. 688
649. Pression d'un jet contre une surface en mouvement. 691
650. Pression d'un tourbillon forcé contre une roue. 693
651. Pompe centrifuge. 696
652. Pression d'un courant. 696
653. Résistance des fluides. 697
654. Stabilité des corps flottants 700
655. Oscillations des corps flottants. . . . 703
656. Action entre un fluide et un piston. Travail de l'air. Travail de la vapeur. 704

SIXIÈME PARTIE. — THÉORIE DES MACHINES.

657. Nature et division du sujet. 708

Chapitre I. — Travail des machines a mouvement uniforme ou périodique.

Section 1. — *Principes généraux.*

658. Travail utile et perdu 711
659. Résistances utiles et nuisibles. . . . 711
660. Rendement. 711
661. Force et effet. Force en chevaux. . . 711
662. Point menant. Train Point travaillant. 711
663. Points de résistance. 712
664. Rendement des pièces d'un train de mécanismes. 712
665. Efforts et résistance moyens. 712
666. Équations générales. 713
667. Équations en fonction des mouvements comparés. 713
668. Réduction des forces et des couples. . 714

Section 2. — *Frottement des machines.*

669. Coefficients de frottement. 714
670. Graissage. 715
671. Limites de la pression entre les surfaces frottantes. 715
672. Frottement d'une pièce qui glisse. . . 716
673. Moment de frottement. 717
674. Frottement d'un arbre sur ses coussinets. 717
675. Frottement d'un pivot. 718
676. Frottement d'un collier. 719
677. Frottement des dents d'engrenage. . . 720
678. Frottement d'un lien. 720
679. Engrenage par frottement. 721

Nos		Pages
680.	Accouplements par frottement. . . .	722
681.	Raideur des cordages.	722
682.	Résistance au roulement de surfaces unies.	723
683.	Résistance des voitures sur les routes.	725
684.	Résistance des trains de chemins de fer.	725
685.	Chaleur du frottement.	726

Chapitre II. — Mouvements variés des machines.

686.	Forces et couples centrifuges.	725
687.	Énergie actuelle dans une machine. .	725
688.	Énergie réduite.	726
689.	Variations dans la vitesse.	727
690.	Volant.	728
691.	Mise en mouvement et arrêt. Freins.	729

Chapitre III. — Moteurs.

692.	Moteur.	730
693.	Régulateur.	730
694.	Classification des moteurs.	731
695.	Force musculaire.	731
696.	Machine à pression d'eau.	732
697.	Roues hydrauliques en général. . . .	732
698.	Différentes espèces de roues hydrauliques.	734
699.	Roues en dessus et roues de côté. . .	[illegible]
700.	Roues en dessous.	[illegible]
701.	Turbine.	[illegible]
702.	Moulins à vent.	[illegible]
703.	Rendement d'une machine thermique.	[illegible]
704.	Machines à vapeur.	[illegible]
705.	Machine électro-dynamique.	[illegible]

APPENDICE.

I.	Tableau de la résistance de matériaux à l'allongement et à la rupture par allongement. .	739
II.	Tableau de la résistance de matériaux au cisaillement et à la distorsion.	740
III.	Tableau de la résistance de matériaux à l'écrasement par compression directe.	740
IV.	Tableau de la résistance de matériaux à la rupture par flexion.	741
V.	Tableau comparatif des mesures françaises et anglaises.	743
VI	Tableau des poids spécifiques de matériaux.	744
VII.	Dimensions et stabilité de la grande cheminée de Saint-Rollox.	745

Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière, rue Racine, 26.

Fig. 5.

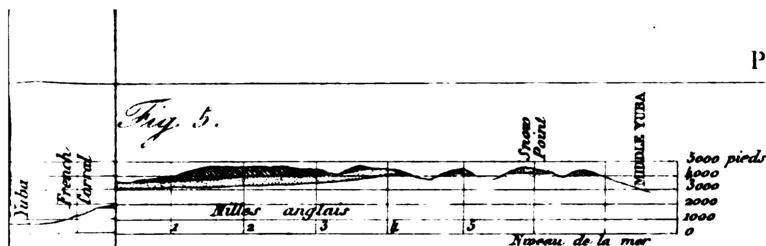


Fig. 3.

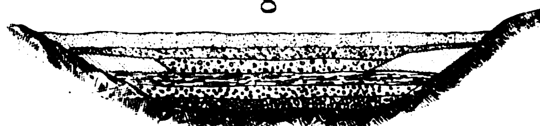


Fig. 2. Coupe d'un dépôt aurifère.



Fig. 4. Coupe par le tunnel de Maine boy.



Fig. 9.

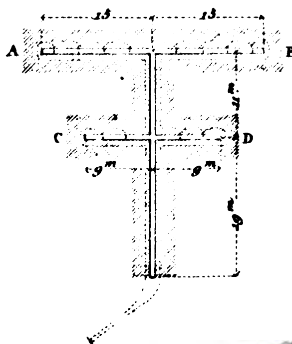


Fig. 12. Coupe AB de la Fig. 13.

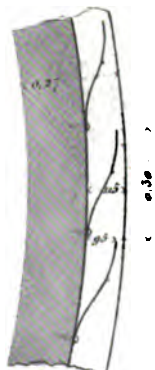


Fig. 13.

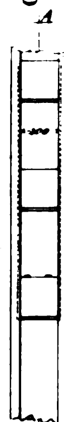


Fig. 10.

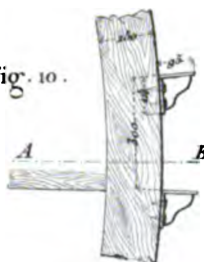


Fig. 11. Coupe AB de la Fig. 10.



lake
Smarts yr.
Echel
Ech
-plan.
Echel
0.1

Barre et Macquet del. et sc.

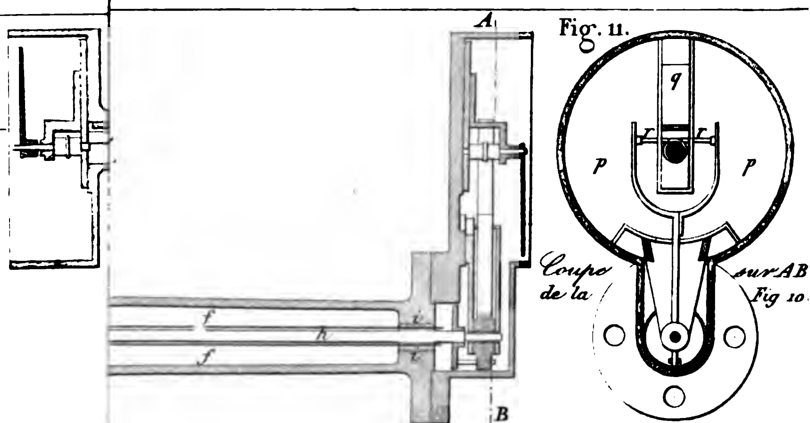


Fig. 1. *Barrage.*

Plan.

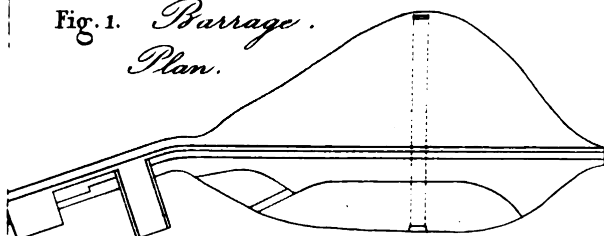


Fig. 2. *Profil développé*

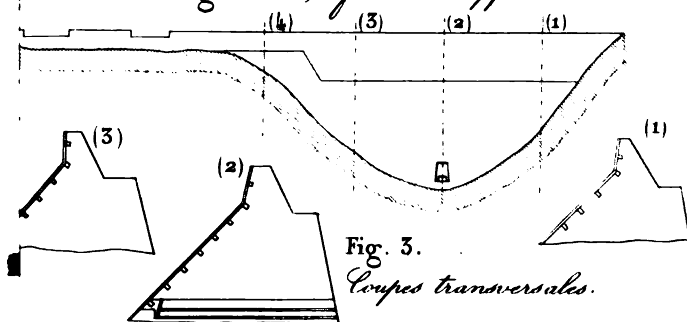


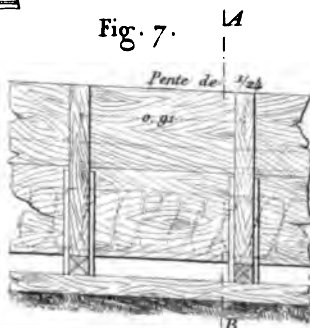
Fig. 3.

Coupes transversales.

AB. (*Fig. 7.*)

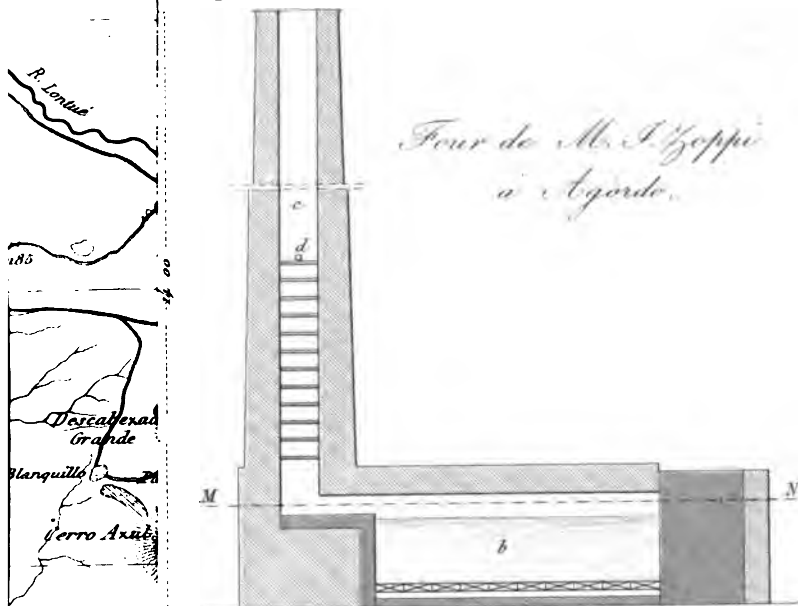


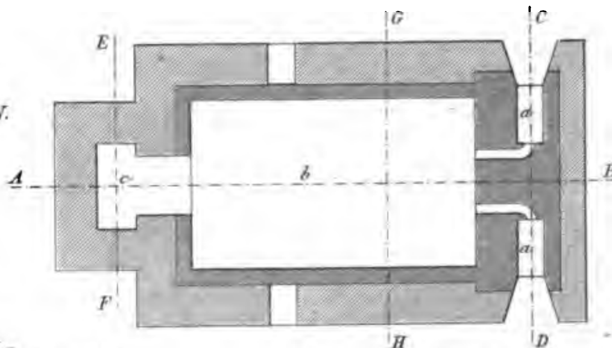
Fig. 7.



Barré et Macquet del. et sc.

Fig. 8. Coupe AB.





Coupe GH.

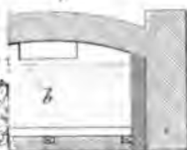
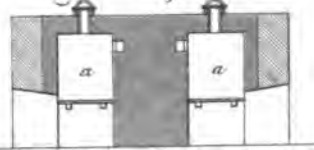
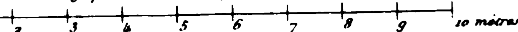


Fig. 10. Coupe CD.



chelle des Fig. 7 à 11 de 0m0075 pour 1 mètre.



Barré et Macquet del. et sc.

R. Lontué

185

Descabezado Grande

Blanquillo

Cerro Azul

M N.

ende

Solfatares

Chemins

Fig. 3. Solf

Fig. 4.

Fig. 3.

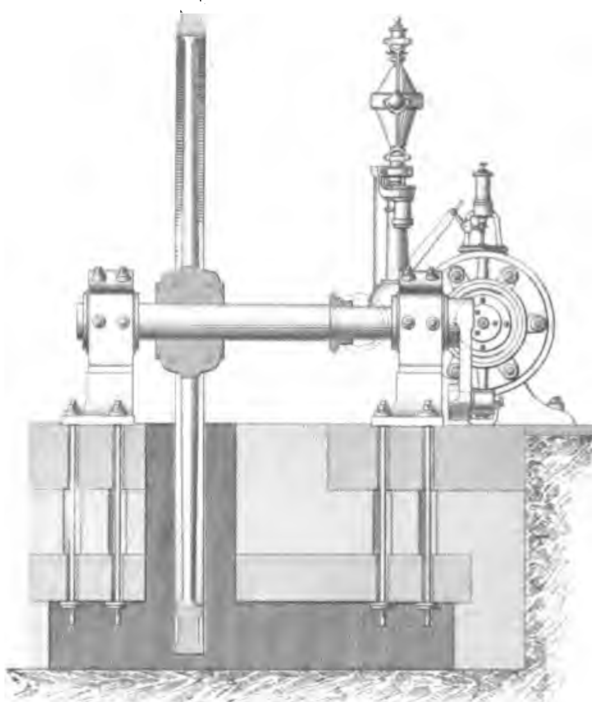
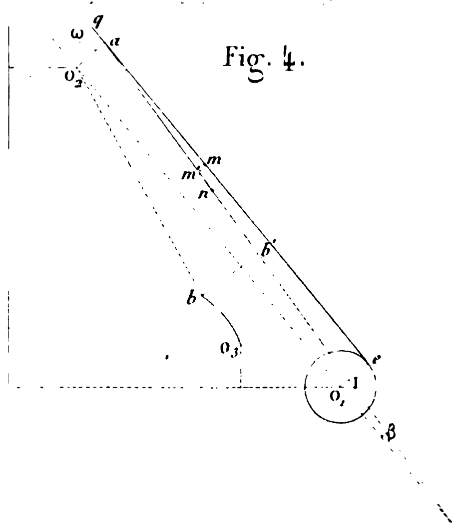


Fig. 4.



Barré et Macquet del. et sc.

Fig. 2.

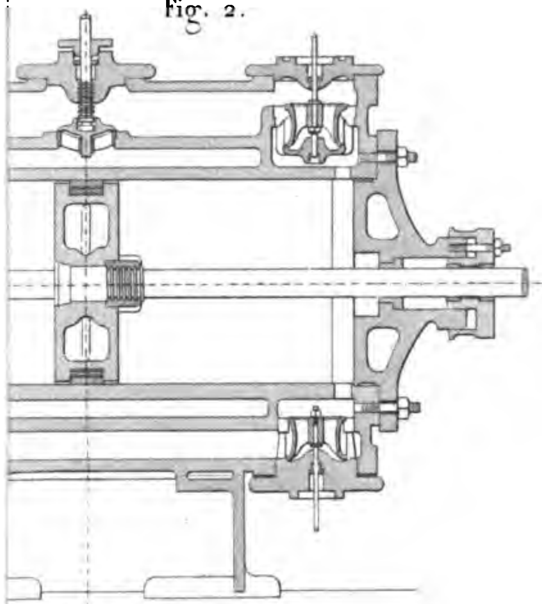
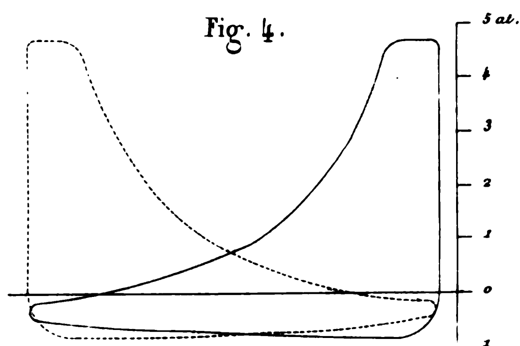
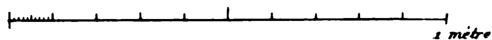


Fig. 4.



u.

Echelle de 0.m 06 pour 1 mètre



Barré et Macquoud del. et sc.

Echelle de la Fig. 4 de $\frac{1}{15.000}$.

10 kilom.

Nord

Ile P

de Banaré

Légende d

Mica

Schi

Serp

Schi

Calc

Schi

Vein

Gde chaîne de Tiari

Mine la Raton

Ch. du Caillou à Balade

Col du Bonhomme

Plateau et Village de Ouegoa

R. de Ouegoa

Le Caillou

Manghine

Passage de la vallée du Diabot à Koumac

Légende de la Fig. 5.

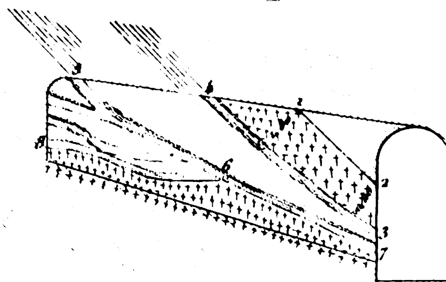
Cuivre piriteux.

Schistes stériles.

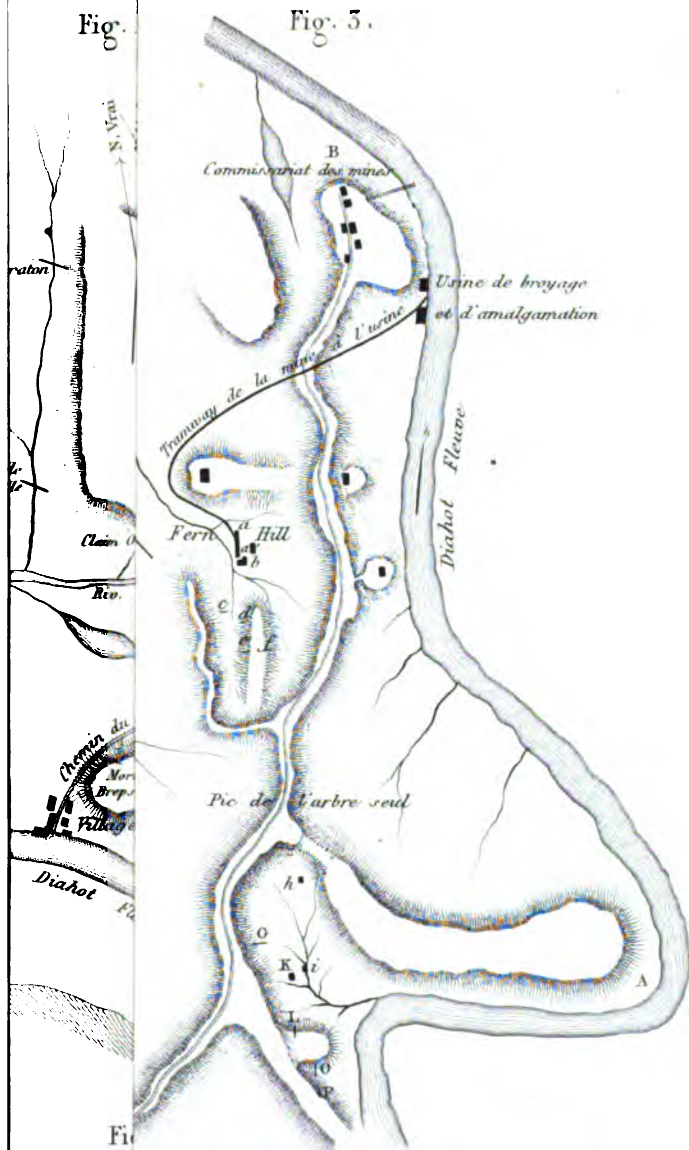
Schistes imprégnés de cuivre oxidulé et natif.

Cuivre oxidé noir.

Fig. 5.



Barré et Macquet del. et sc.



lle de la Fig. 1 de 0m 02 pour 1 kilomètre

2 3 4 5 kilom.

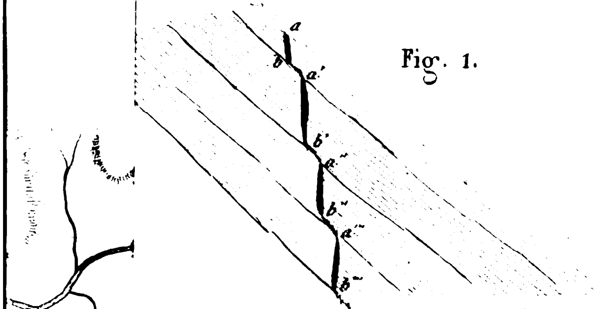
elle de la Fig. 2 de 0m 002 pour 1 mètre

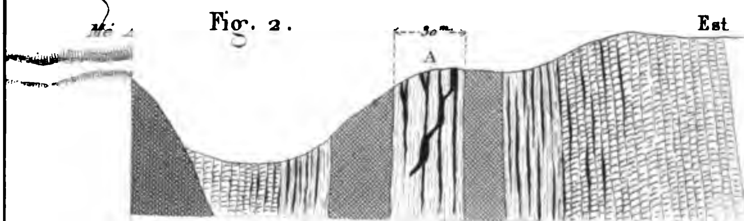
20 30 40 50 mètres

Fig. 3 de 0m 008 pour 100 mètres.

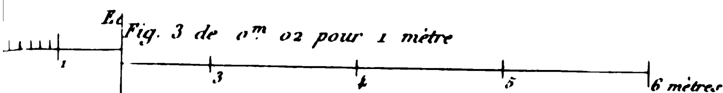
500 1 kilom.

Barré et Macquet del. et sc.









Barré et Macqueut del. et sc.

d'extrait.

N. E

Fig. 5.



Fig. 6.

S. E.



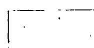
N.

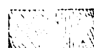
Fig. 9.

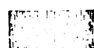


S.

Légende

 *Grès*

 *Schistes ferrugineux.*

 *Argiles feuilletées.*

 *Charbon.*

 *Argiles ferrugineuses mélangées de charbon*

Periode ... en terre et ...

Fig. 1.

Treibach.

1808 1832 1875 1876

N° 1. N° II et III.

16 m3 3 — 22 m3 9 — 28 m3 5 — 53 m3

Fig. 5. Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

Radwerk

N° III.

1832 1833 1875

Frieden.

1875

Trofajach.

20 m3 — 101 m3 — 40 m3 — 58 m3

21. Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34.

Barré et Macquet del. et sc.

Fours de grillage de Vordernberg.

Echelle des Fig. 1 à 3 de 0m 008 p.m.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 44.

Ludovica

1876

100 m3

Fridau.

175 m3

Fig. 35

Erzberg

Vallée d'Eisenerz

Coupe géologique de l'Erzberg de Styrie.

Schistes de Werfen.

Brèche calcaire.

Fer spathique.

Calcaire.

Schistes de la Grauwacke.

Schistes siliceux.

Barre et Macqu

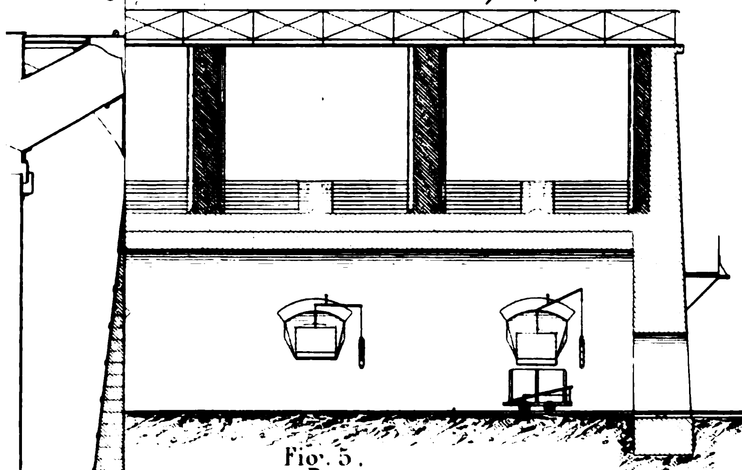
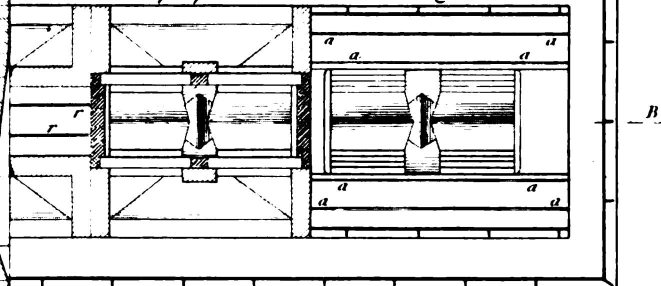
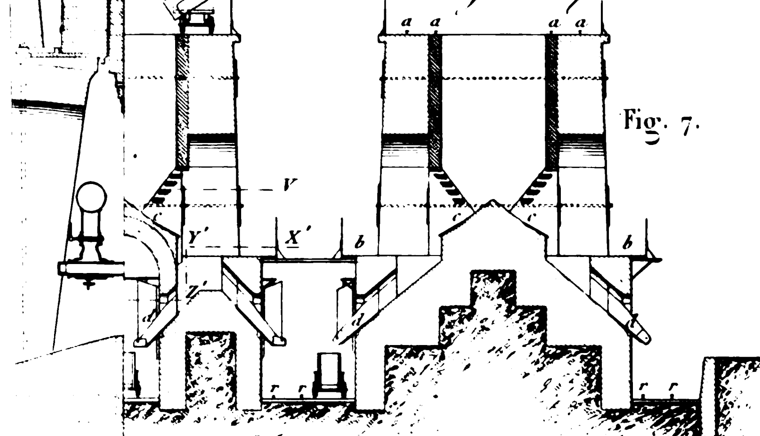


Fig. 5.





Barré et Macquet del. et sc.

